

CALCUL D'UN ORDRE STATIQUE ET HIÉRARCHIQUE POUR LES DIAGRAMMES DE DÉCISION À PARTIR D'UN P/T NET *

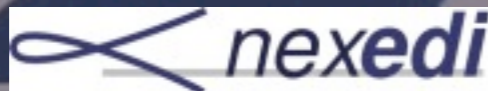


Séminaire MeFoSyLoMa du 5 Novembre 2010




S. Hong, F.Kordon, E. Paviot-Adet

silien.hong@lip6.fr, fabrice.kordon@lip6.fr, emmanuel.paviot-adet@lip6.fr

***Projet NEOPPOD FEDER IdF (LIP6,LIPN, ...)**



Model Checking

-  Industriel
-  Explosion combinatoire
-  Utilisation des DDs
 - ✓ BDD [2] (SMV et VIS)

Binaries Decision Diagrams (BDD)

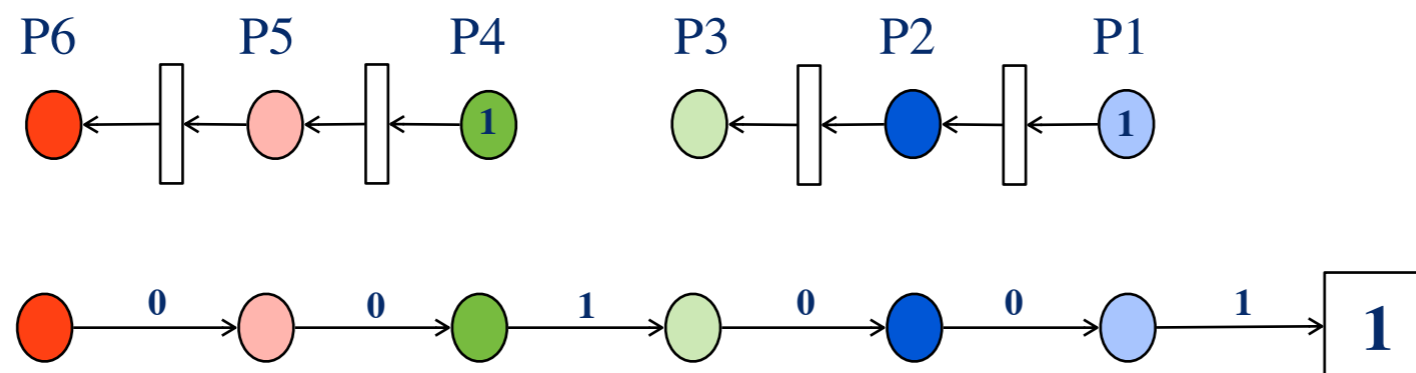
-  Représentation compacte de l'espace d'état d'un P/T net
-  Ordre de variables (Etat initial)

Model Checking

- Industriel
- Explosion combinatoire
- Utilisation des DDs
 - ✓ BDD [2] (SMV et VIS)

Binaries Decision Diagrams (BDD)

- Représentation compacte de l'espace d'état d'un P/T net
- Ordre de variables (Etat initial)

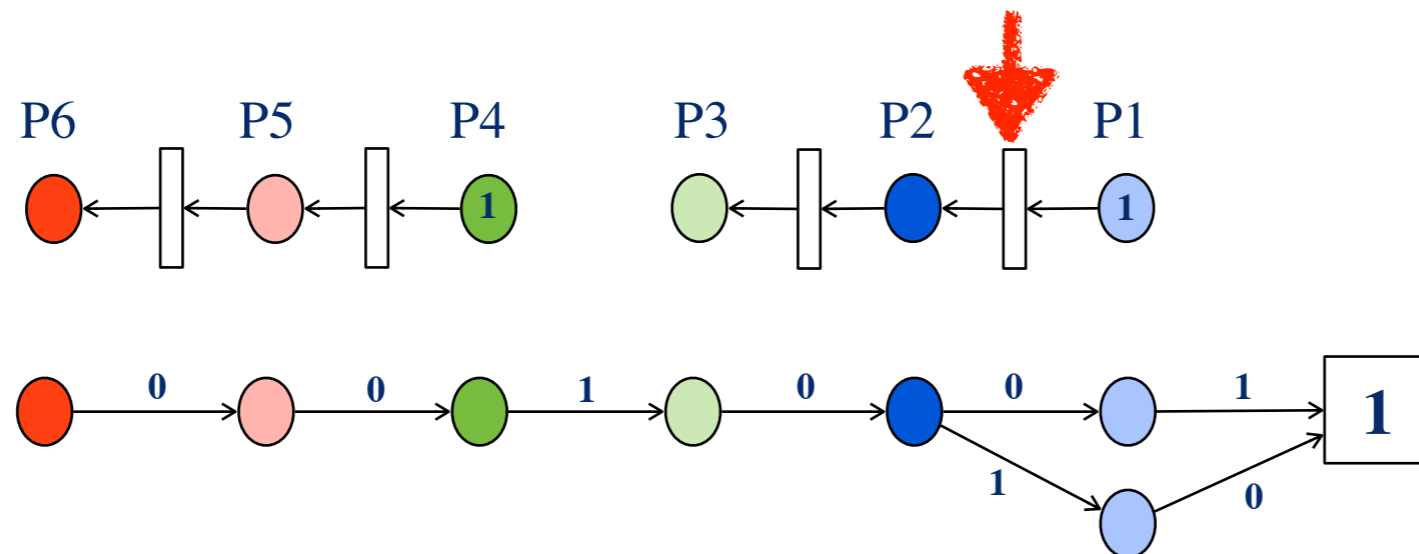


Model Checking

- Industriel
- Explosion combinatoire
- Utilisation des DDs
 - ✓ BDD [2] (SMV et VIS)

Binaries Decision Diagrams (BDD)

- Représentation compacte de l'espace d'état d'un P/T net
- Ordre de variables (Etat initial)

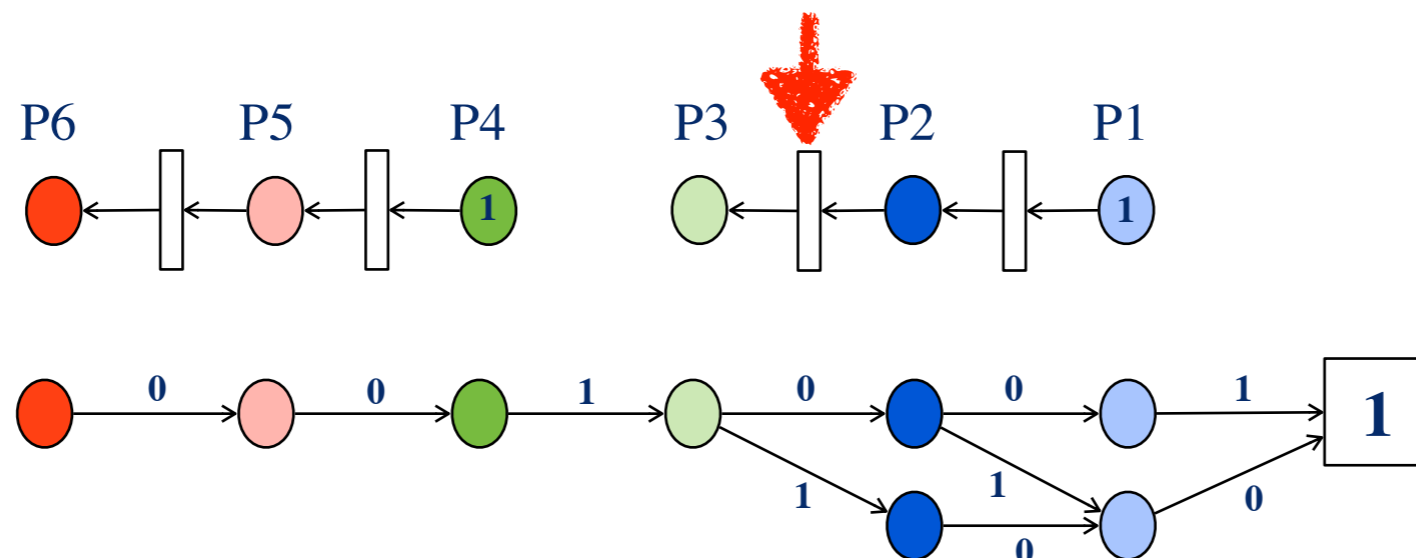


Model Checking

- Industriel
- Explosion combinatoire
- Utilisation des DDs
 - ✓ BDD [2] (SMV et VIS)

Binaries Decision Diagrams (BDD)

- Représentation compacte de l'espace d'état d'un P/T net
- Ordre de variables (Etat initial)

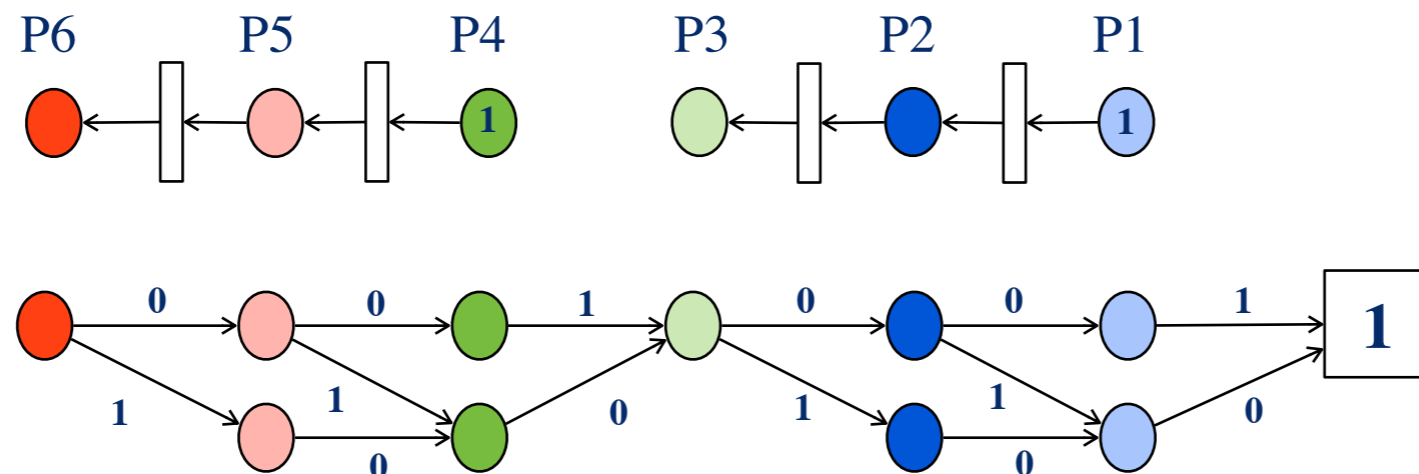


Model Checking

- Industriel
- Explosion combinatoire
- Utilisation des DDs
 - ✓ BDD [2] (SMV et VIS)

Binaries Decision Diagrams (BDD)

- Représentation compacte de l'espace d'état d'un P/T net
- Ordre de variables (Etat initial)



NP-Complet

Heuristiques

FORCE [1] :

✓ Calcul du centre de gravité Places/Transitions

NOA99 [8] :

✓ Calcul de poids sur Places/Transitions



NP-Complet

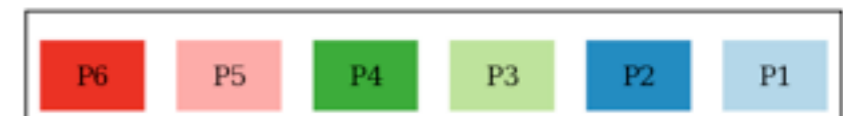
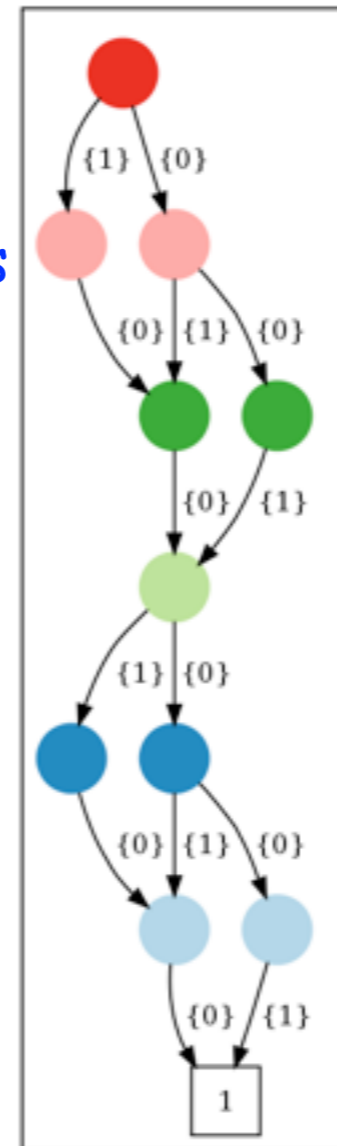
Heuristiques

FORCE [1] :

✓ Calcul du centre de gravité Places/Transitions

NOA99 [8] :

✓ Calcul de poids sur Places/Transitions



NP-Complet

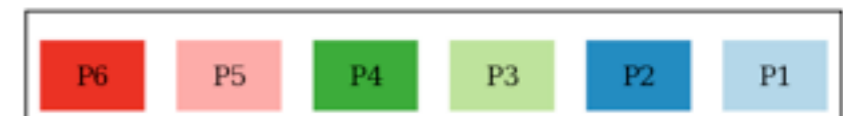
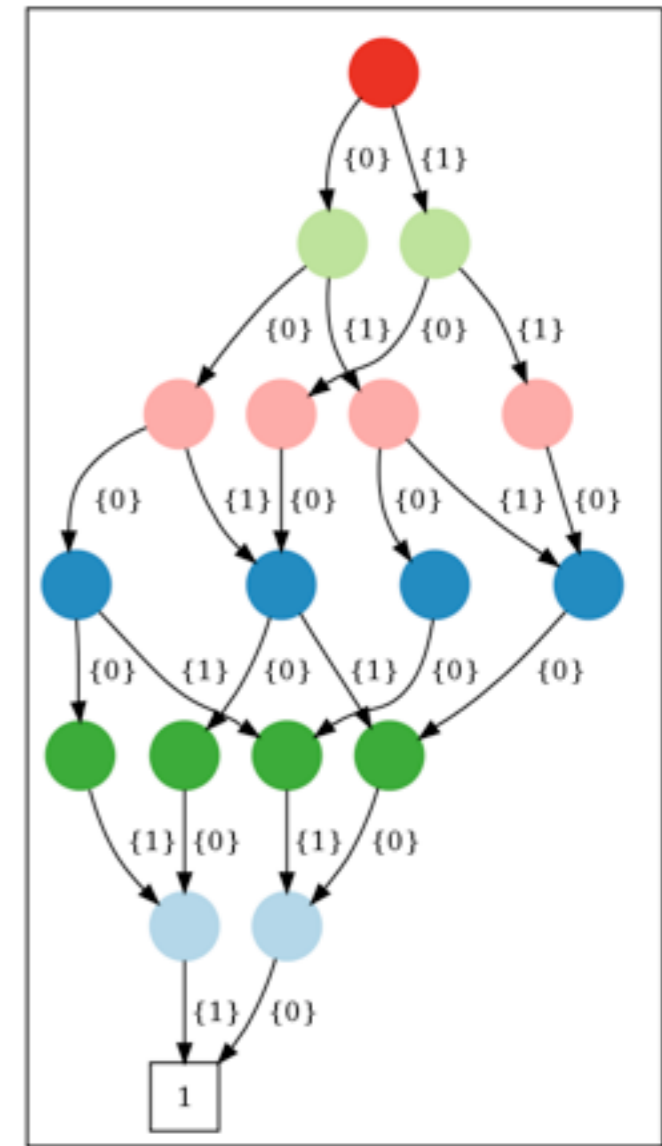
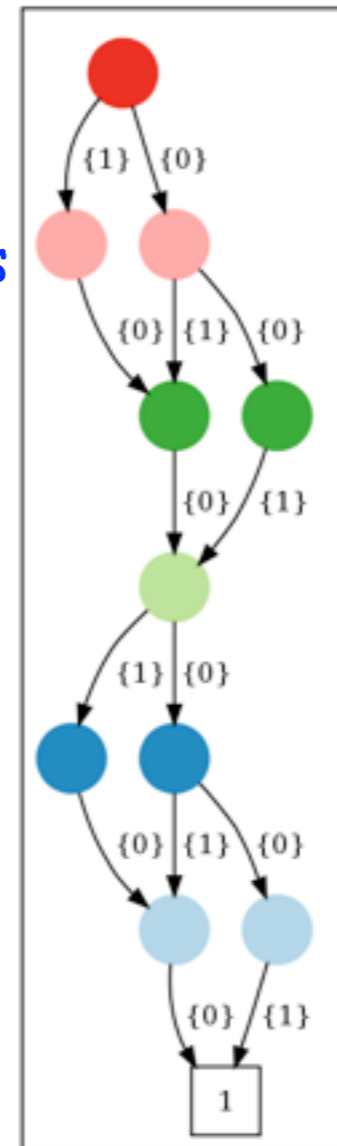
Heuristiques

FORCE [1] :

✓ Calcul du centre de gravité Places/Transitions

NOA99 [8] :







✓ Calcul de poids sur Places/Transitions





Depuis les BDD

-  Interval DD (DSSZ-MC)
-  Multi-value DD (SMART)

-  **Depuis les BDD**
 -  Interval DD (DSSZ-MC)
 -  Multi-value DD (SMART)
-  **La hiérarchie SDD [5]**
 -  Valuation = SDD
 -  Représentation Compacte ++

Depuis les BDD

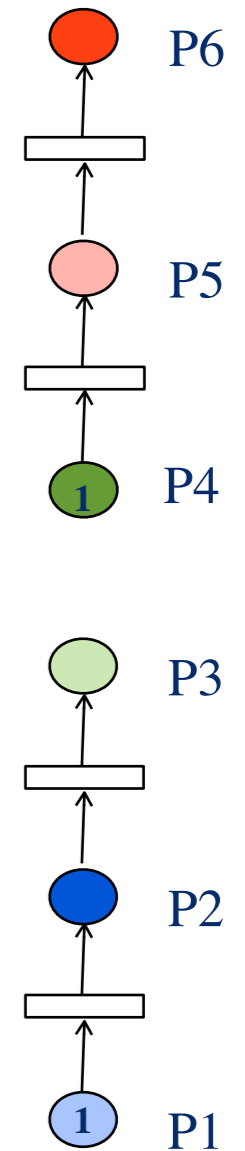
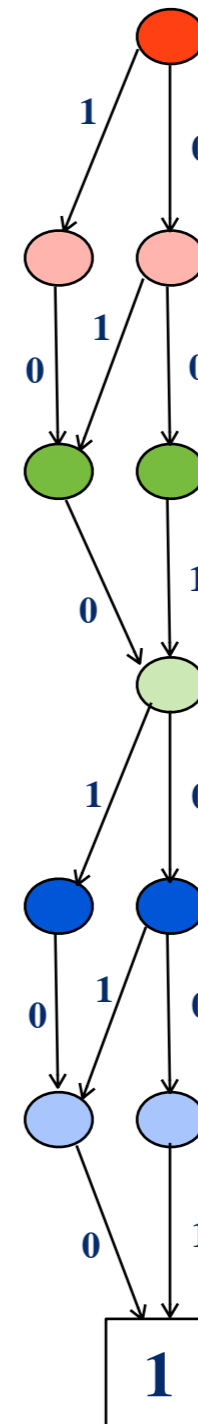
- Interval DD (DSSZ-MC)

- Multi-value DD (SMART)

La hiérarchie SDD [5]

- Valuation = SDD

- Représentation Compacte ++

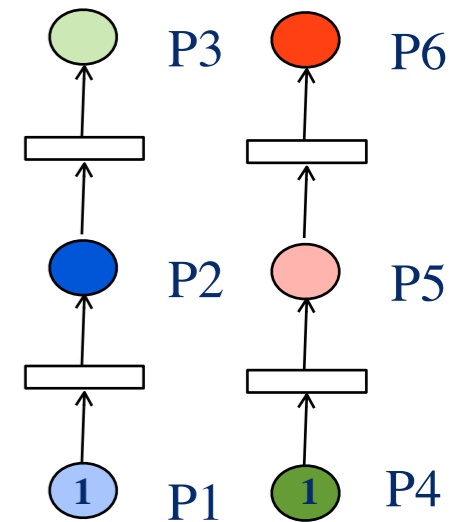
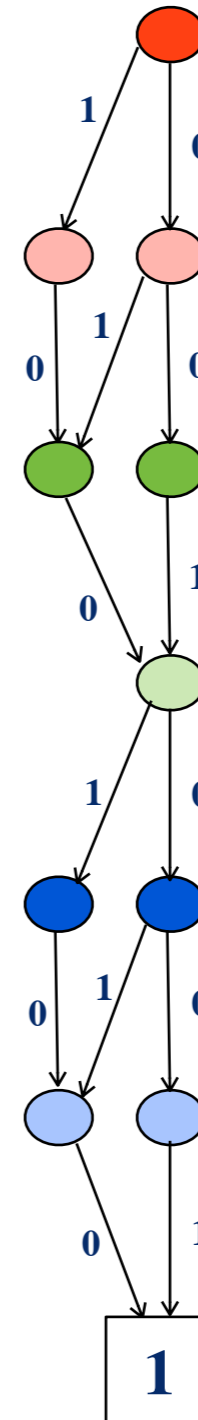


Depuis les BDD

- Interval DD (DSSZ-MC)
- Multi-value DD (SMART)

La hiérarchie SDD [5]

- Valuation = SDD
- Représentation Compacte ++

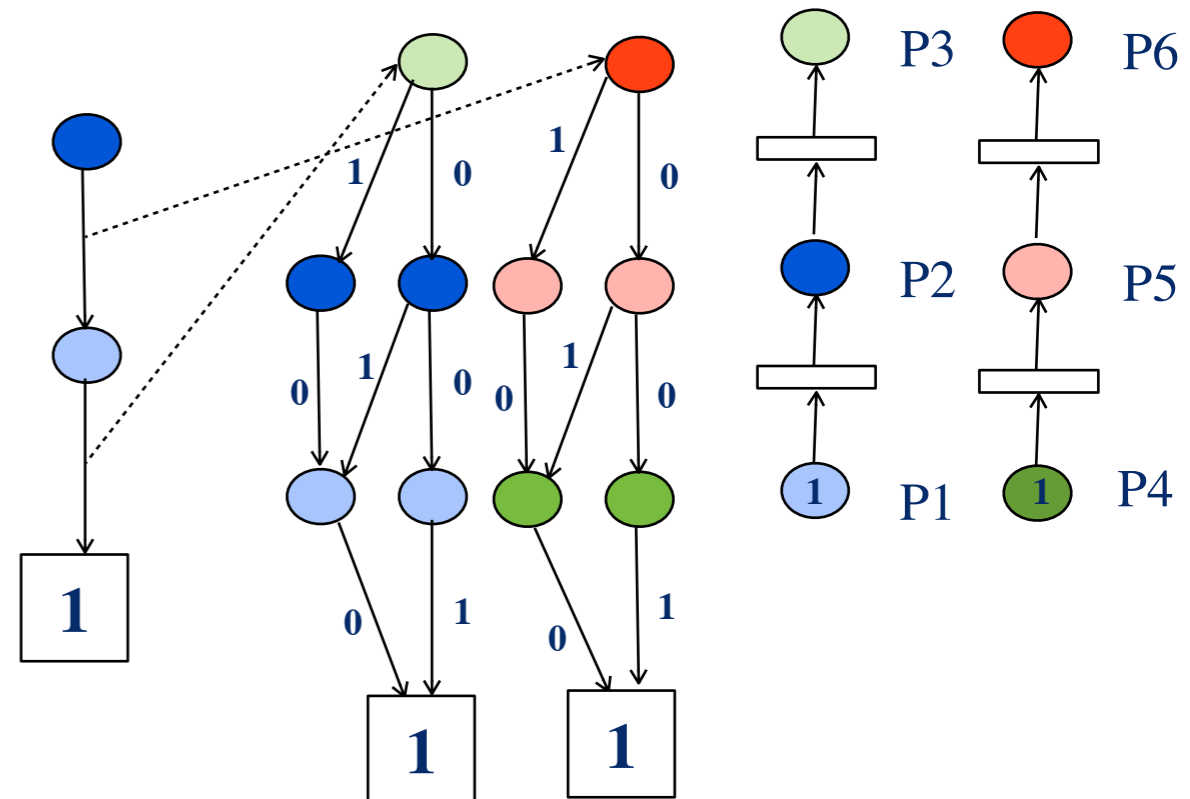


Depuis les BDD

- Interval DD (DSSZ-MC)
- Multi-value DD (SMART)

La hiérarchie SDD [5]

- Valuation = SDD
- Représentation Compacte ++

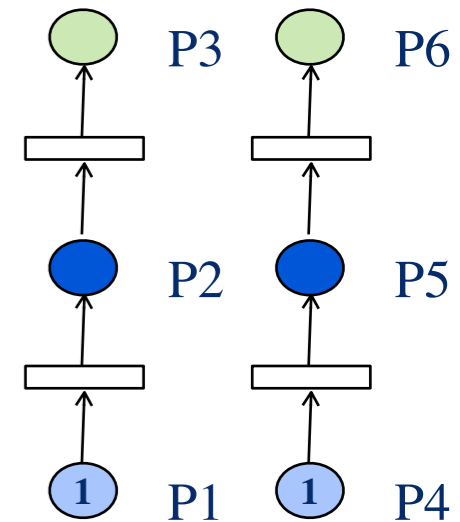
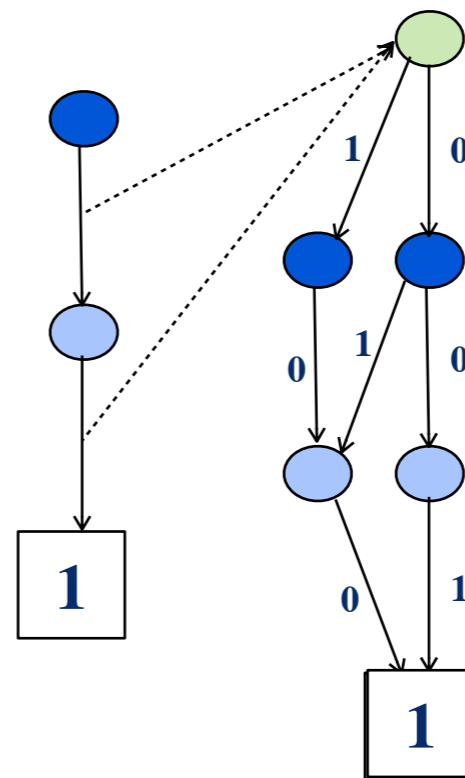


Depuis les BDD

- Interval DD (DSSZ-MC)
- Multi-value DD (SMART)

La hiérarchie SDD [5]

- Valuation = SDD
- Représentation Compacte ++



Depuis les BDD

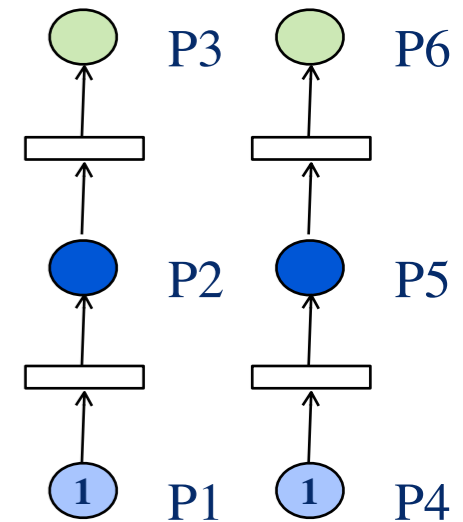
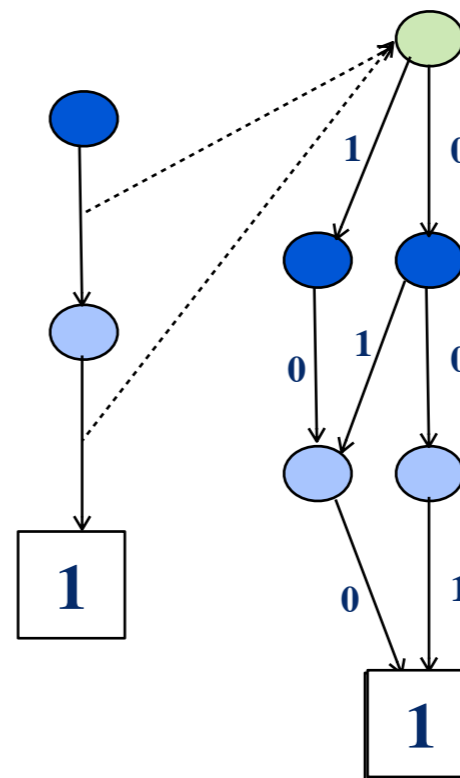
- Interval DD (DSSZ-MC)
- Multi-value DD (SMART)


La hiérarchie SDD [5]

- Valuation = SDD
- Représentation Compacte ++

Modules identiques

- Lors de la modélisation ITS [11] ...
- Heuristiques d'ordre statique hiérarchique



 **Description de la hiérarchie** **Notation :**
[
 [P1,P2,P3],
 [P4,P5,P6]
] **« Aplatissement »** Enlever la hiérarchie Mesurer l'apport de la hiérarchie [P1,P2,P3,P4,P5,P6]

Description de la hiérarchie

Notation :

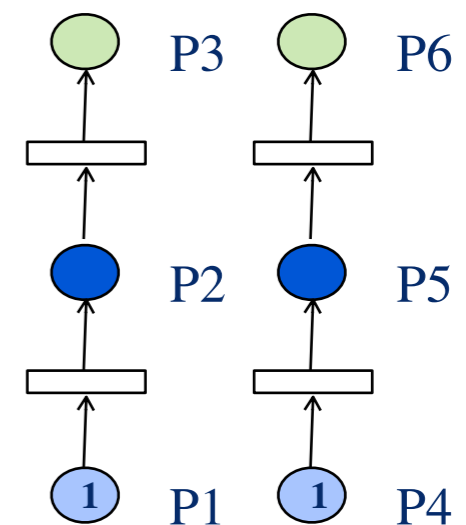
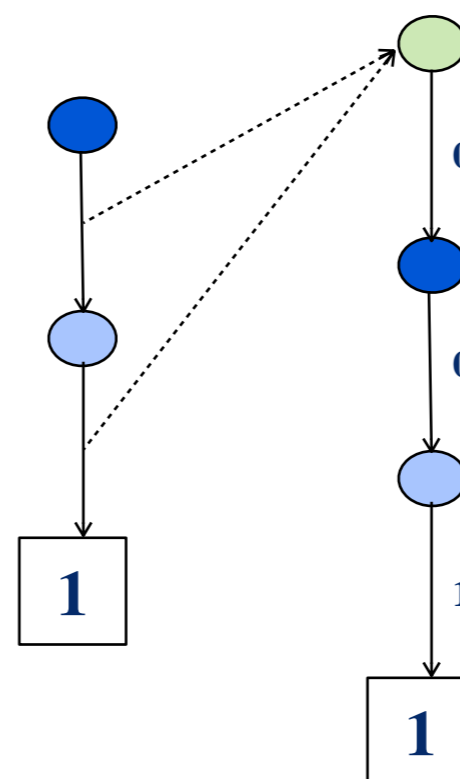
```
[
  [P1,P2,P3],
  [P4,P5,P6]
]
```

« Aplatissement »

Enlever la hiérarchie




Mesurer l'apport de la hiérarchie

[P1,P2,P3,P4,P5,P6]





Objectifs :

-  Ordre à plat existant
-  Découpage sous-modules
-  Chances de partages



2 paramètres

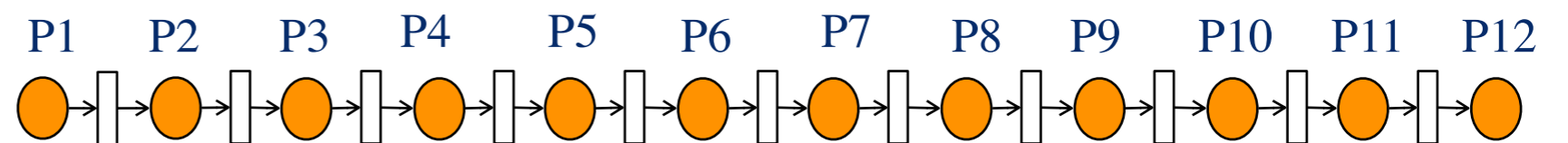
-  X = profondeur
-  N = Nb d'éléments

Objectifs :

- Ordre à plat existant
- Découpage sous-modules
- Chances de partages

2 paramètres

- X = profondeur
- N = Nb d'éléments



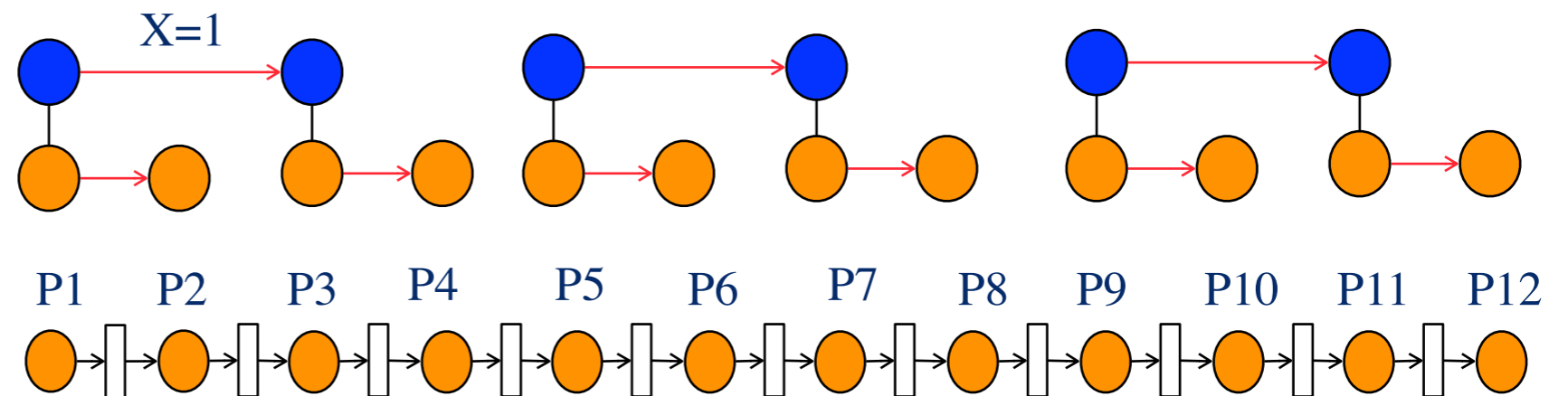
$X = 3$ et $N = 2$

Objectifs :

- Ordre à plat existant
- Découpage sous-modules
- Chances de partages

2 paramètres

- X = profondeur
- N = Nb d'éléments



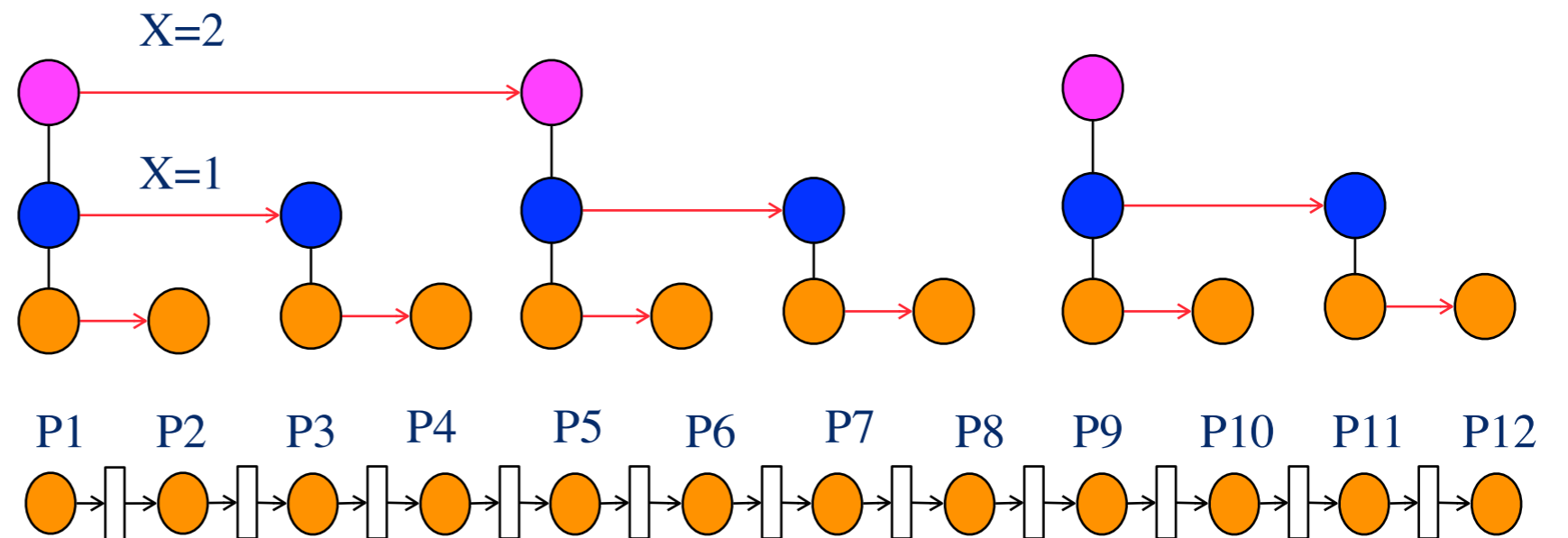
$X = 3$ et $N = 2$

Objectifs :

- Ordre à plat existant
- Découpage sous-modules
- Chances de partages

2 paramètres

- X = profondeur
- N = Nb d'éléments



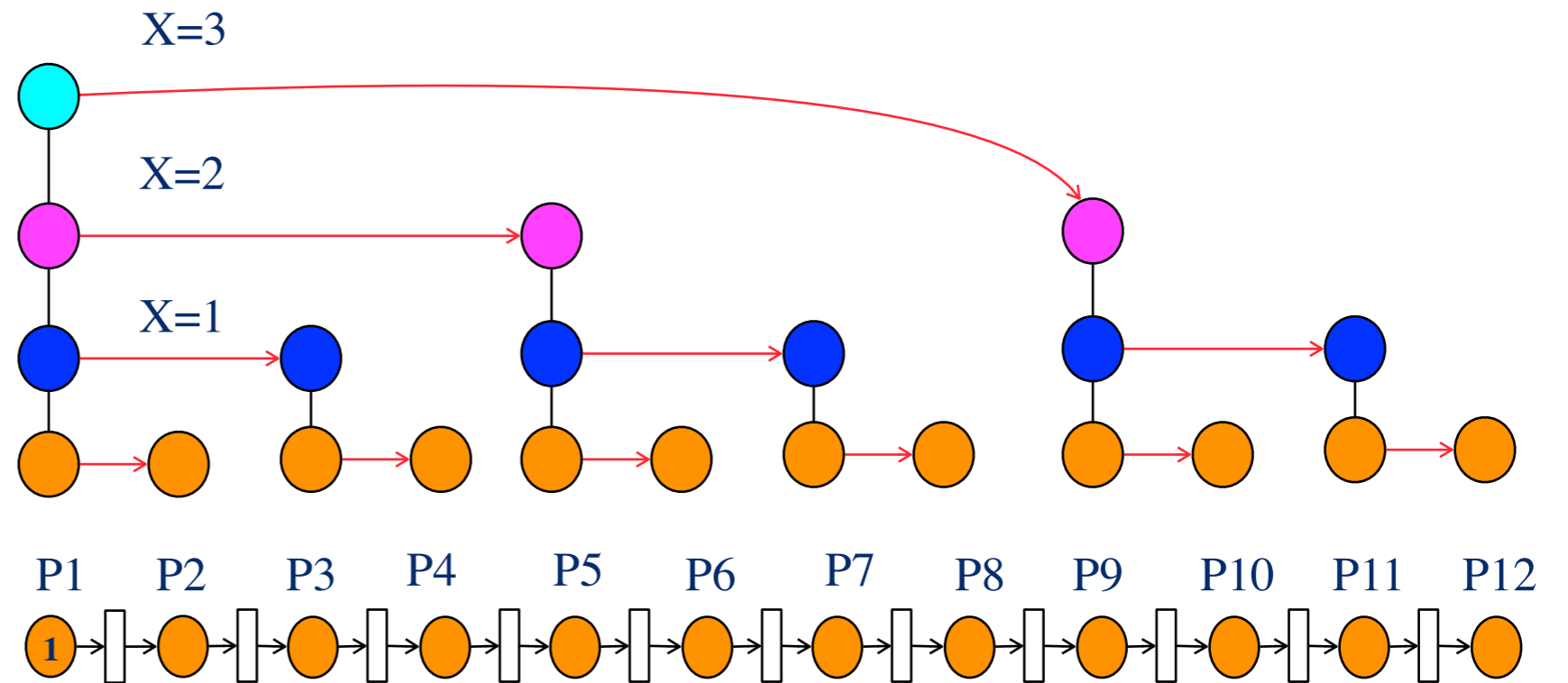
$X = 3$ et $N = 2$

Objectifs :

- Ordre à plat existant
- Découpage sous-modules
- Chances de partages

2 paramètres

- X = profondeur
- N = Nb d'éléments



$X = 3$ et $N = 2$

Apport de la hiérarchie ?

Hiérarchisation ou pas hiérarchisation ...

Expériences:

1. Etude de la profondeur hiérarchique : $N(X)$
2. Ordres aléatoires et N-Cut-Naive
3. Heuristique d'ordre existants (NOA99 et FORCE) et N-Cut-Naive

Modèles utilisés

Grands modèles

✓ Philosophe [6], Token Ring [4], Neoppod [3], Peterson [9]

K-bounded ($k > 1$)

✓ Mitogen Activated Protein Kinase (MAPK [7]), Flexible Modeling System (FMS [10])

- A partir d'un ordre existant (NOA99)
- Etude des paramètres X, N du N-Cut-Naive
 - $N = [2, 5]$ et $X = [0, 5]$
- Pour chaque valeur de X, N :
 - Production de l'ordre hiérarchique (N-Cut-Naive)
 - Génération de l'espace d'état
 - Mesure du pic de mémoire (MB)



Courbe : « U »



Instabilité : X grand



Meilleure Stabilité : N petit



Courbe de mémoire en fonction de X

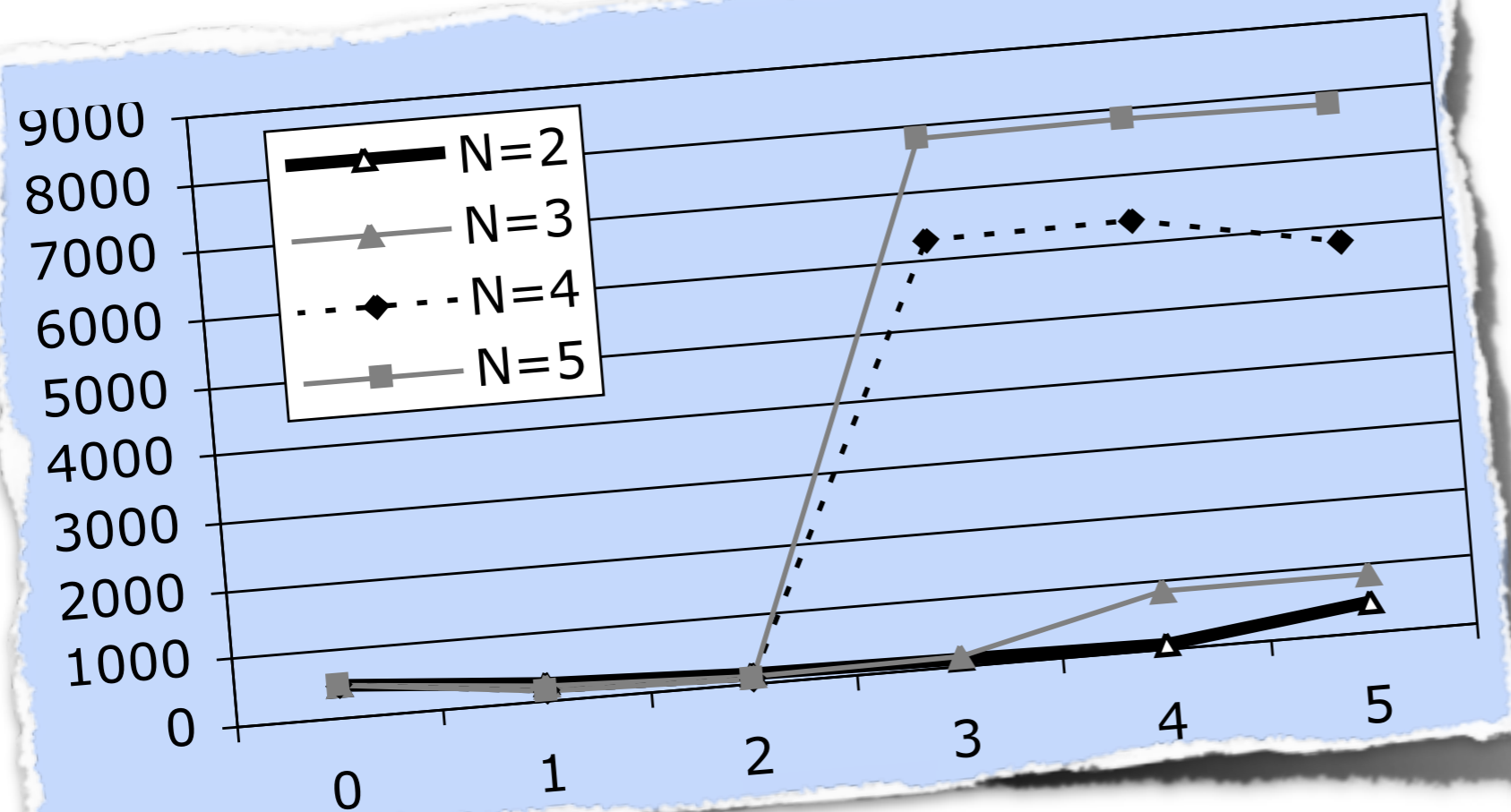
Courbe : « U »

Instabilité : X grand

Meilleure Stabilité : N petit

Token Ring 100

Courbe de mémoire en fonction de X



Courbe : « U »

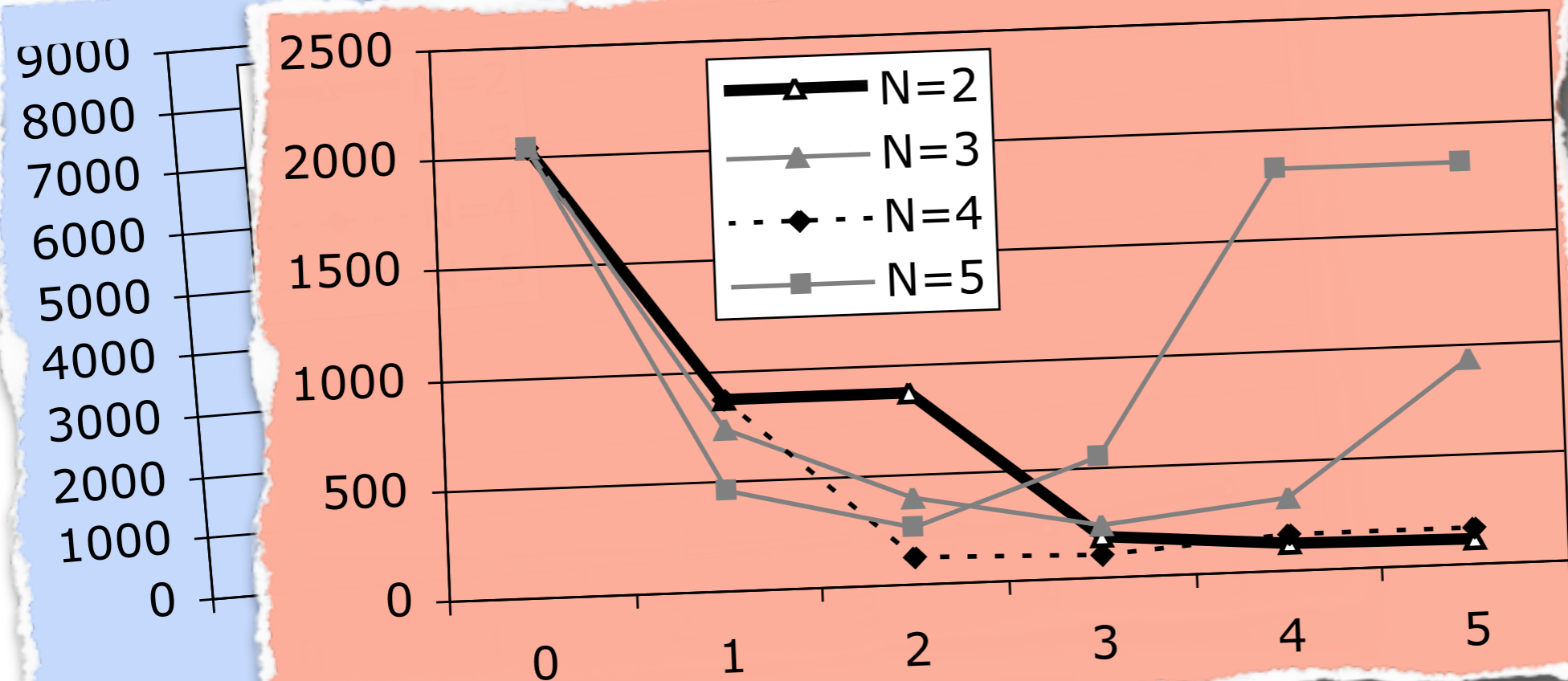
Instabilité : X grand

Meilleure Stabilité : N petit

Token Ring 100

Neopod 4

Courbe de mémoire en fonction de X



Courbe : « U »

Instabilité : X grand

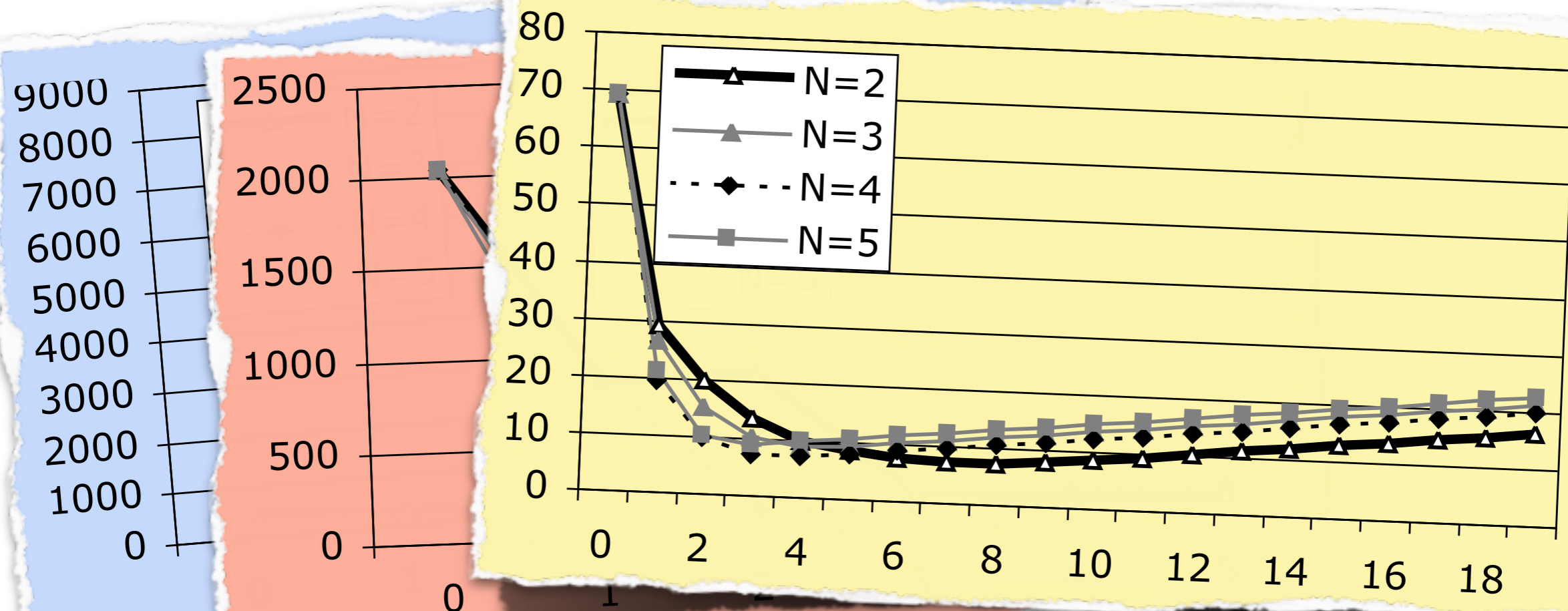
Meilleure Stabilité : N petit

Courbe de mémoire en fonction de X

Token Ring 100

Neoppod 4

Philosophe 300



Choisir N le plus petit (N=2)

- Augmenter le nombre de sous-module
- Faciliter les chances de partages (pour X = 1 et plus)

Profondeur hiérarchique

- si X trop petit : gain non optimum
- si X trop grand : instabilité des performances
- Lien avec le nombre de places du P/T net

Le profondeur hiérarchique doit être limitée

$$X_N = \lceil \log_N(|P|) \rceil$$

Génération de 500 ordres aléatoires

« A plat »

✓ Génération de l'espace d'état

Hiérarchique (N-Cut-Naive)

✓ Génération de l'espace d'état

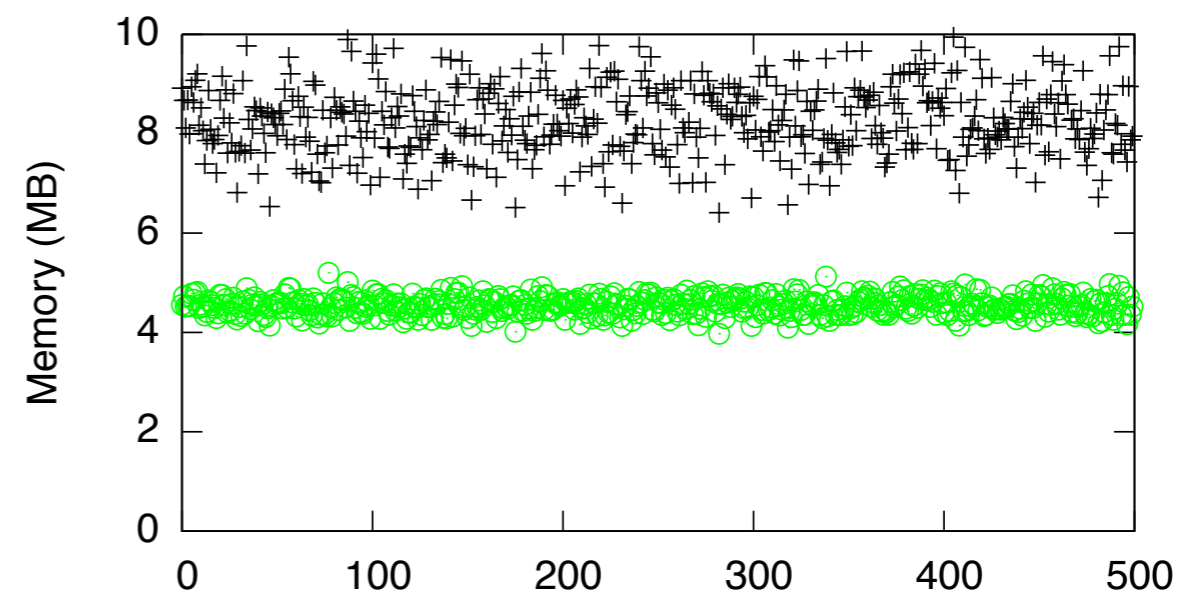
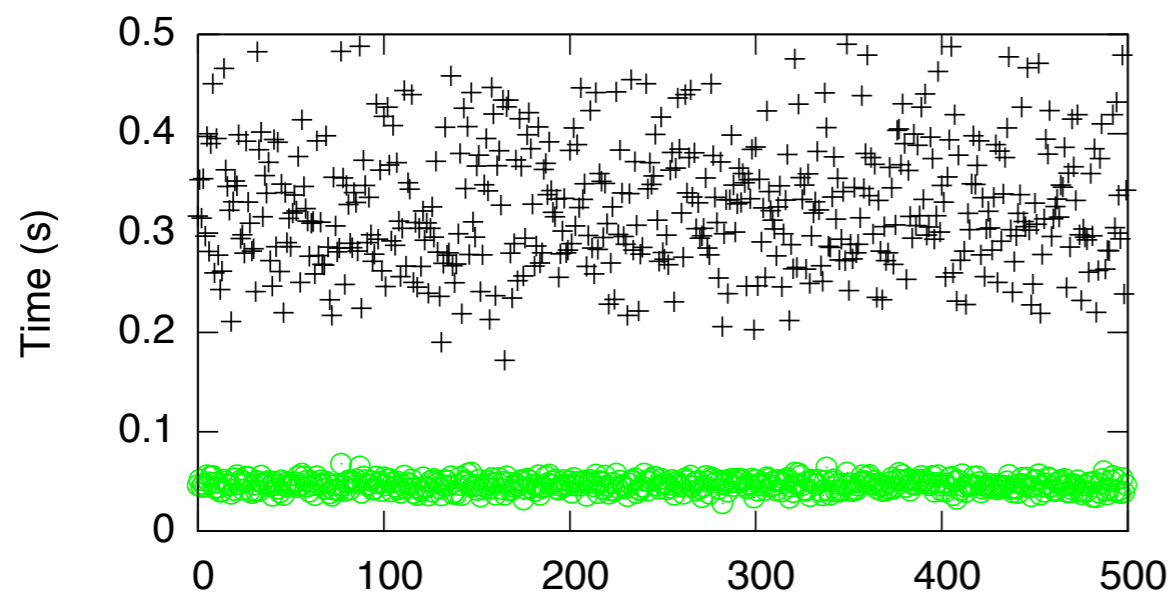
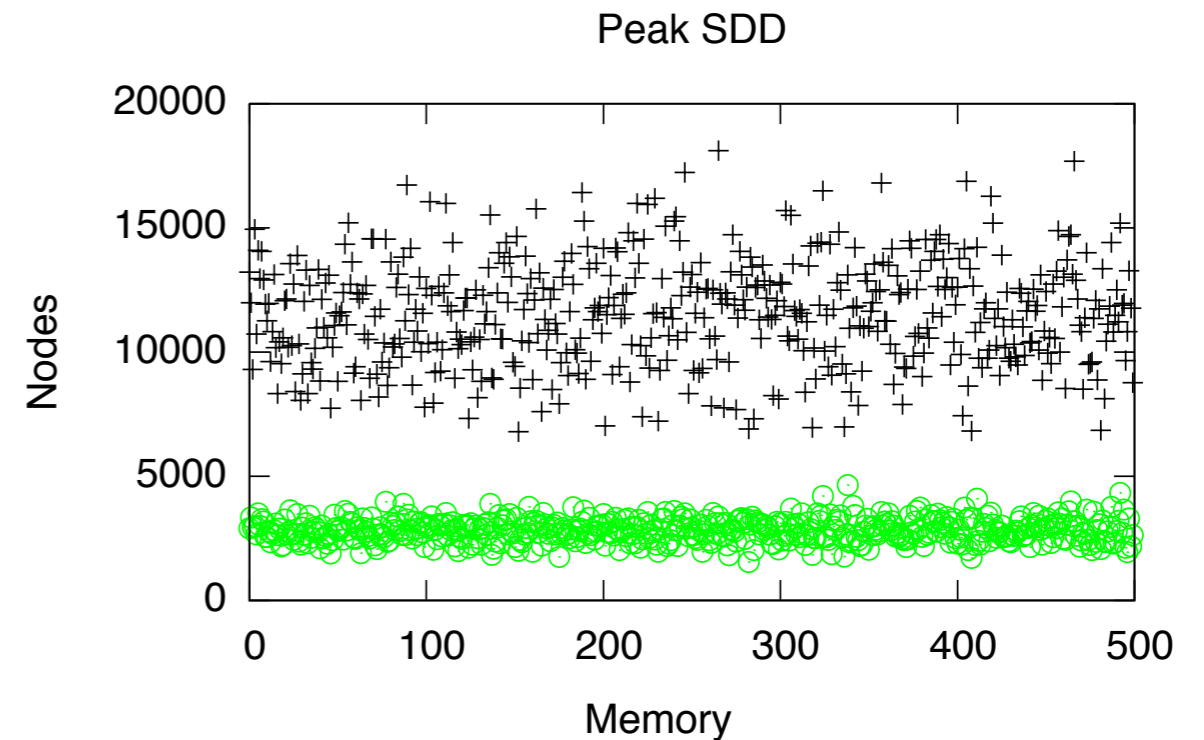
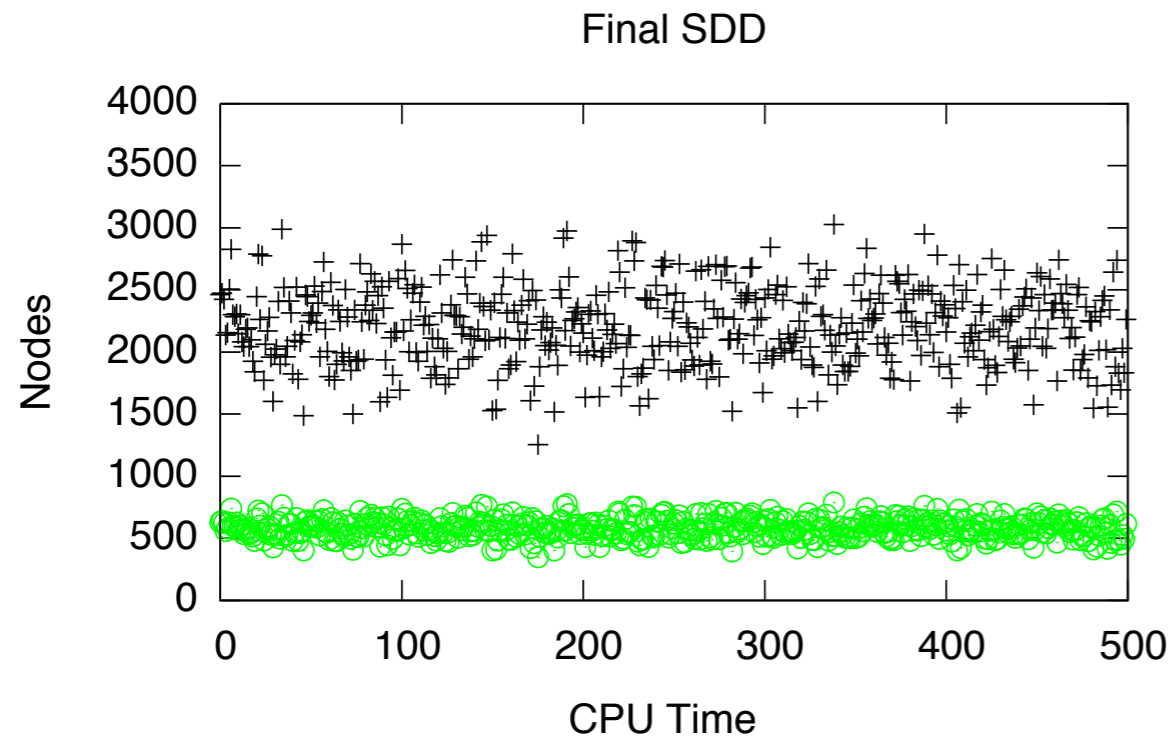
Mesures

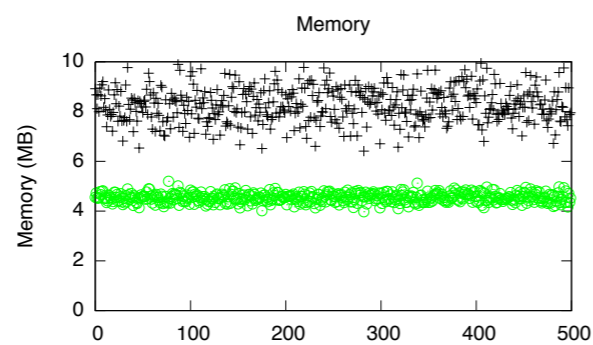
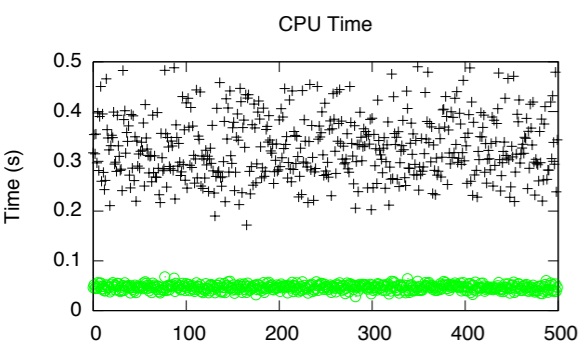
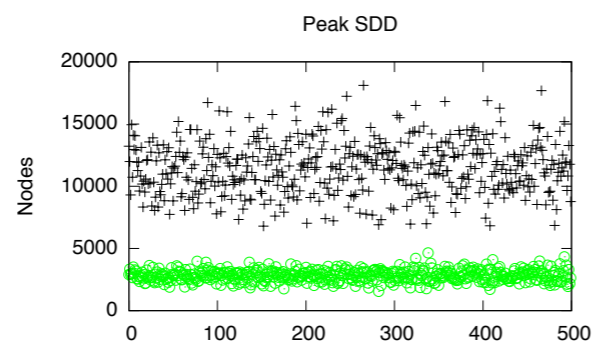
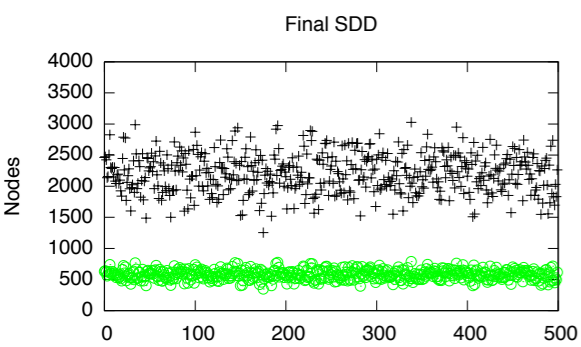
 Final SDD and Pic SDD (Nombre de noeuds)

 Temps (s) et Pic de la Mémoire (MB)

 Comparaison des performances (ordre hiérarchique / ordre non hiérarchique)

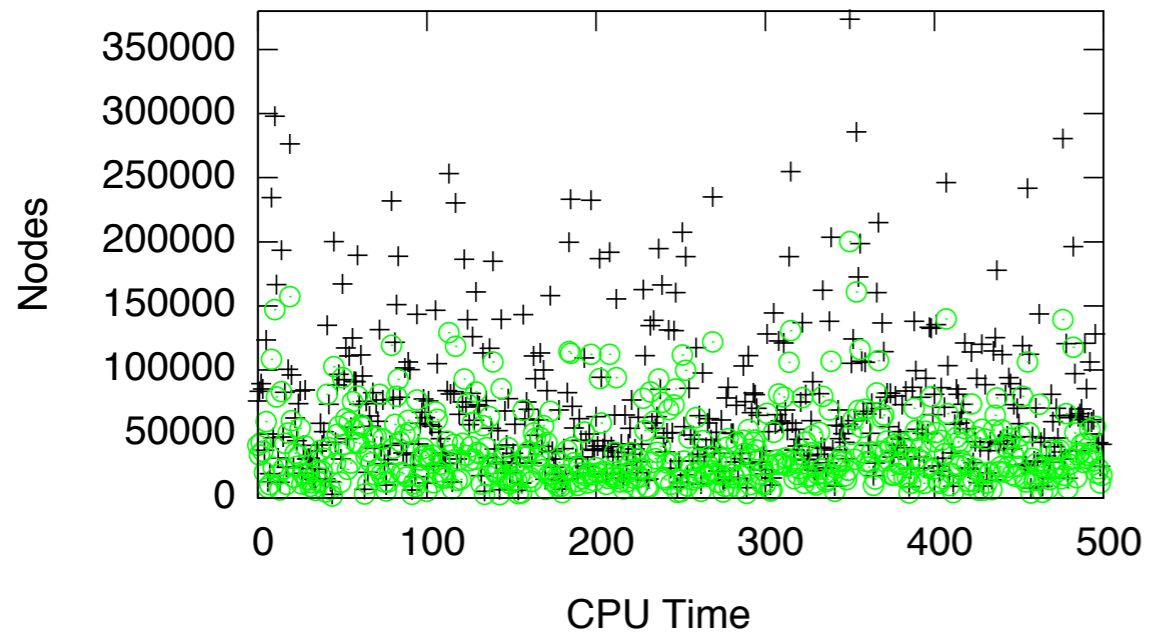
Modèle Neoppod (2) / MAKP (8)



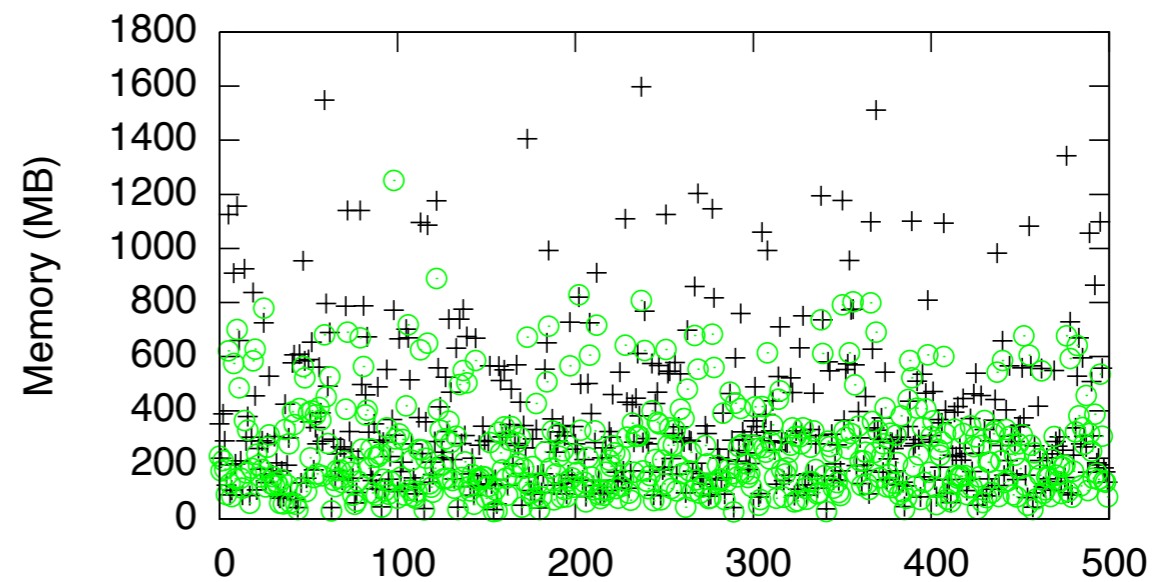
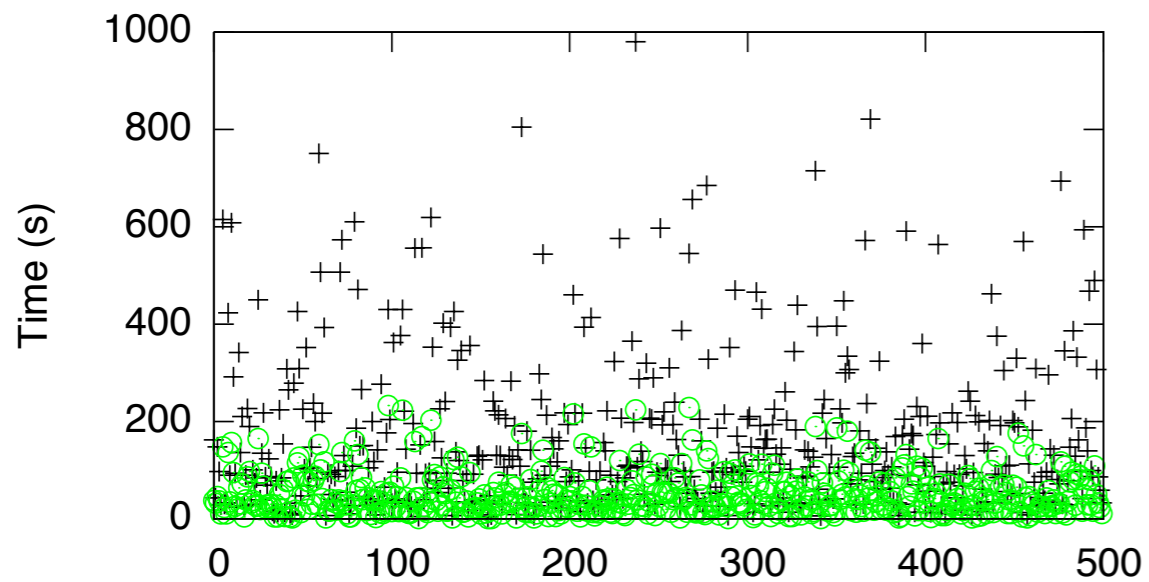
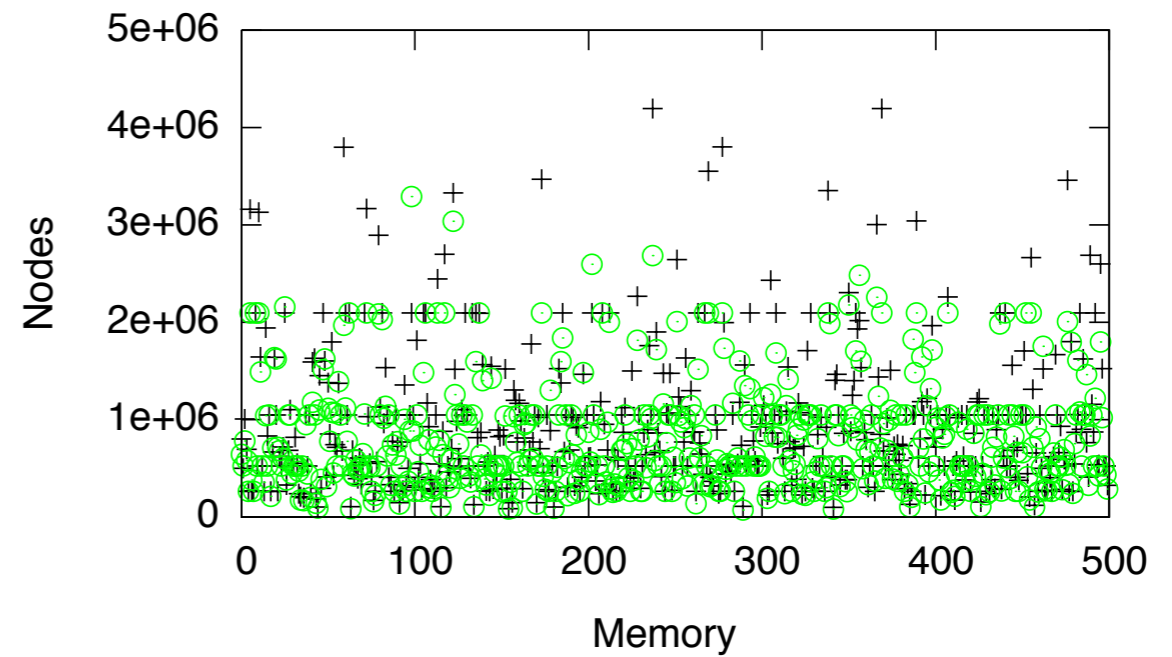


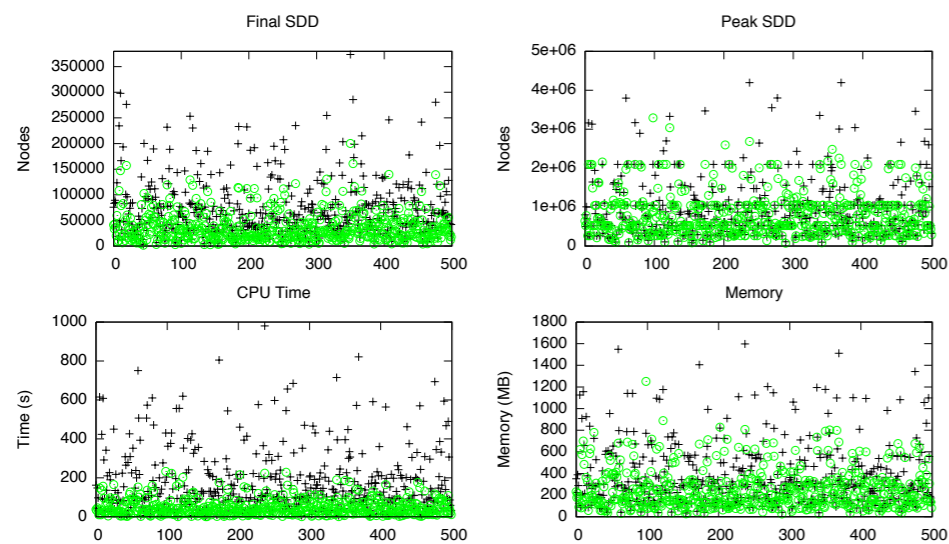
	Success	Lower Gain	Higher Gain
Final SDD	100 %	72 %	75 %
Pic SDD	100 %	64 %	85 %
Temps	100 %	78 %	90 %
Memoire	100 %	36 %	54 %

Final SDD



Peak SDD





	Success	Lower Gain	Higher Gain
Final SDD	100 %	29 %	71 %
Pic SDD	65 %	-173 %	71 %
Temps	99 %	-38 %	93 %
Mémoire	91 %	-122 %	79 %

Modèle Neopod :

-  **Aucun gain négatif**
-  **Bonne performances (de 30% à 90 %)**

Modèle MAKP :

-  **Bonne performances dans l'ensemble**
-  **9 % , 35 % gain négatif (mémoire et pic SDD)**

Comparaison avec des heuristiques existantes :

-  **Ordre FORCE avec/sans N-Cut-Naive**

 - ✓ Génération de l'espace d'état (avec/sans)

-  **Ordre NOA99 avec/sans N-Cut-Naive**

 - ✓ Génération de l'espace d'état (avec/sans)

Mesures

-  **Final SDD and Pic SDD (Nombre de noeuds)**

-  **Temps (s) and Pic de la mémoire (MB)**

-  **Comparaison de performance (ordre hiérarchique / ordre non hiérarchique)**

Number of Instances	State Space Size	Flat	Flat order performances				Hierarchical order performances				Gain (in %)			
			Final	Peak	Time	MB	Final	Peak	Time	MB	Final	Peak	Time	Mem
Philosopher's diner														
800	4.0×10^{381}	F	19 275	89 722	77.3	260.39	1 492	18 432	1,9	27,6	92	79	98	89
		N	20 769	112 606	79.4	260.52	577	5 883	2.6	20.03	97	95	97	92
2000	1.7×10^{954}	F	SOF	SOF	SOF	SOF	2 459	30 786	8,9	63,6	∞	∞	∞	∞
		N	SOF	SOF	SOF	SOF	724	7 415	25.6	45.42	∞	∞	∞	∞
4000	3.0×10^{1908}	F	SOF	SOF	SOF	SOF	MOF	MOF	MOF	MOF	-	-	-	-
		N	SOF	SOF	SOF	SOF	1 349	14 287	96,5	125,3	∞	∞	∞	∞
20 000	N.A.	F	SOF	SOF	SOF	SOF	MOF	MOF	MOF	MOF	-	-	-	-
		N	SOF	SOF	SOF	SOF	3 246	35 161	2 826	923	∞	∞	∞	∞
Token Ring protocol														
100	2.6×10^{105}	F	93 534	8 388 610	2 712	2 367	5 954	3.5×10^6	178.1	636.8	94	59	93	73
		N	71099	5 961 620	1671.62	2048	2 613	538 470	23.7	123.4	96	91	99	94
200	8.3×10^{211}	F	MOF	MOF	MOF	MOF	14 623	2.4×10^7	2 114	4 961	∞	∞	∞	∞
		N	MOF	MOF	MOF	MOF	5 150	4.1×10^6	206.2	657	∞	∞	∞	∞
500	5×10^{531}	F	MOF	MOF	MOF	MOF	MOF	MOF	MOF	MOF	-	-	-	-
		N	MOF	MOF	MOF	MOF	31 473	5.7×10^7	3 140	8 860	∞	∞	∞	∞

Number of Instances	State Space Size	Flat	Flat order performances				Hierarchical order performances				Gain (in %)			
			Final	Peak	Time	MB	Final	Peak	Time	MB	Final	Peak	Time	Mem
Philosopher's diner														
800	4.0×10^{381}	F	19 275	89 722	77.3	260.39	1 492	18 432	1,9	27,6	92	79	98	89
		N	20 769	112 606	79.4	260.52	577	5 883	2.6	20.03	97	95	97	92
2000	1.7×10^{954}	F	SOF	SOF	SOF	SOF	2 459	30 786	8,9	63,6	∞	∞	∞	∞
		N	SOF	SOF	SOF	SOF	724	7 415	25.6	45.42	∞	∞	∞	∞
4000	3.0×10^{1908}	F	SOF	SOF	SOF	SOF	MOF	MOF	MOF	MOF	-	-	-	-
		N	SOF	SOF	SOF	SOF	1 349	14 287	96,5	125,3	∞	∞	∞	∞
20 000	N.A.	F	SOF	SOF	SOF	SOF	MOF	MOF	MOF	MOF	-	-	-	-
		N	SOF	SOF	SOF	SOF	3 246	35 161	2 826	923	∞	∞	∞	∞
Token Ring protocol														
100	2.6×10^{105}	F	93 534	8 388 610	2 712	2 367	5 954	3.5×10^6	178.1	636.8	94	59	93	73
		N	71099	5 961 620	1671.62	2048	2 613	538 470	23.7	123.4	96	91	99	94
200	8.3×10^{211}	F	MOF	MOF	MOF	MOF	14 623	2.4×10^7	2 114	4 961	∞	∞	∞	∞
		N	MOF	MOF	MOF	MOF	5 150	4.1×10^6	206.2	657	∞	∞	∞	∞
500	5×10^{531}	F	MOF	MOF	MOF	MOF	MOF	MOF	MOF	MOF	-	-	-	-
		N	MOF	MOF	MOF	MOF	31 473	5.7×10^7	3 140	8 860	∞	∞	∞	∞

Number of Instances	State Space Size	Flat	Flat order performances				Hierarchical order performances				Gain (in %)			
			Final	Peak	Time	MB	Final	Peak	Time	MB	Final	Peak	Time	Mem
Philosopher's diner														
800	4.0×10^{381}	F	19 275	89 722	77.3	260.39	1 492	18 432	1,9	27,6	92	79	98	89
		N	20 769	112 606	79.4	260.52	577	5 883	2.6	20.03	97	95	97	92
2000	1.7×10^{954}	F	SOF	SOF	SOF	SOF	2 459	30 786	8,9	63,6	∞	∞	∞	∞
		N	SOF	SOF	SOF	SOF	724	7 415	25.6	45.42	∞	∞	∞	∞
4000	3.0×10^{1908}	F	SOF	SOF	SOF	SOF	MOF	MOF	MOF	MOF	-	-	-	-
		N	SOF	SOF	SOF	SOF	1 349	14 287	96,5	125,3	∞	∞	∞	∞
20 000	N.A.	F	SOF	SOF	SOF	SOF	MOF	MOF	MOF	MOF	-	-	-	-
		N	SOF	SOF	SOF	SOF	3 246	35 161	2 826	923	∞	∞	∞	∞
Token Ring protocol														
100	2.6×10^{105}	F	93 534	8 388 610	2 712	2 367	5 954	3.5×10^6	178.1	636.8	94	59	93	73
		N	71099	5 961 620	1671.62	2048	2 613	538 470	23.7	123.4	96	91	99	94
200	8.3×10^{211}	F	MOF	MOF	MOF	MOF	14 623	2.4×10^7	2 114	4 961	∞	∞	∞	∞
		N	MOF	MOF	MOF	MOF	5 150	4.1×10^6	206.2	657	∞	∞	∞	∞
500	5×10^{531}	F	MOF	MOF	MOF	MOF	MOF	MOF	MOF	MOF	-	-	-	-
		N	MOF	MOF	MOF	MOF	31 473	5.7×10^7	3 140	8 860	∞	∞	∞	∞

Number of Instances	State Space Size	Flat	Flat order performances				Hierarchical order performances				Gain (in %)			
			Final	Peak	Time	MB	Final	Peak	Time	MB	Final	Peak	Time	Mem
Philosopher's diner														
800	4.0×10^{381}	F	19 275	89 722	77.3	260.39	1 492	18 432	1,9	27,6	92	79	98	89
		N	20 769	112 606	79.4	260.52	577	5 883	2.6	20.03	97	95	97	92
2000	1.7×10^{954}	F	SOF	SOF	SOF	SOF	2 459	30 786	8,9	63,6	∞	∞	∞	∞
		N	SOF	SOF	SOF	SOF	724	7 415	25.6	45.42	∞	∞	∞	∞
4000	3.0×10^{1908}	F	SOF	SOF	SOF	SOF	MOF	MOF	MOF	MOF	-	-	-	-
		N	SOF	SOF	SOF	SOF	1 349	14 287	96,5	125,3	∞	∞	∞	∞
20 000	N.A.	F	SOF	SOF	SOF	SOF	MOF	MOF	MOF	MOF	-	-	-	-
		N	SOF	SOF	SOF	SOF	3 246	35 161	2 826	923	∞	∞	∞	∞
Token Ring protocol														
100	2.6×10^{105}	F	93 534	8 388 610	2 712	2 367	5 954	3.5×10^6	178.1	636.8	94	59	93	73
		N	71099	5 961 620	1671.62	2048	2 613	538 470	23.7	123.4	96	91	99	94
200	8.3×10^{211}	F	MOF	MOF	MOF	MOF	14 623	2.4×10^7	2 114	4 961	∞	∞	∞	∞
		N	MOF	MOF	MOF	MOF	5 150	4.1×10^6	206.2	657	∞	∞	∞	∞
500	5×10^{531}	F	MOF	MOF	MOF	MOF	MOF	MOF	MOF	MOF	-	-	-	-
		N	MOF	MOF	MOF	MOF	31 473	5.7×10^7	3 140	8 860	∞	∞	∞	∞

Number of Instances	State Space Size	Flat	Flat order performances				Hierarchical order performances				Gain (in %)			
			Final	Peak	Time	MB	Final	Peak	Time	MB	Final	Peak	Time	Mem
NEOPPOD Consensus protocol														
3	90 861	F	5 956	48 269	0.86	19.01	1 126	12 491	0.15	8.164	81	74	82	57
		N	3 820	23 974	0.76	12.21	709	4 838	0.10	6.66	81	80	87	45
4	9.7×10^8	F	84 398	1.0×10^6	62.6	338.75	11 728	178 921	5.0	70.83	86	82	92	79
		N	155 759	1.3×10^6	186.1	490.33	19 875	217 536	0.007	114.2	87	83	99	77
Peterson algorithm														
3	20 754	F	3 767	41 395	2.8	24.54	769	10 857	0.4	11.26	80	74	84	54
		N	4 441	62 317	3.9	28.19	756	10 837	0.2	9.54	83	83	93	66
4	3.4×10^6	F	81 095	1.3×10^6	482.1	897.81	10 719	344 170	37.7	241.5	87	74	92	73
		N	72 578	996 414	265.8	483.53	9 291	262 144	13.8	98.31	87	74	95	80

Number of Instances	State Space Size	Flat	Flat order performances				Hierarchical order performances				Gain (in %)			
			Final	Peak	Time	MB	Final	Peak	Time	MB	Final	Peak	Time	Mem
Flexible Modeling System (FMS)														
10	2.50×10^9	F	338	4 325	0.21	5.14	257	5 075	0.14	5.42	24	-17	35	-6
		N	1 256	13 578	0.61	7.85	684	9 144	0.17	6.45	46	33	72	18
20	6.02×10^{12}	F	848	16 480	0.7	8.88	697	23 455	1.1	11.98	18	-42	-41	-35
		N	4 391	64 728	2.7	22.43	2 354	47 784	1.4	19.13	46	26	47	15
50	4.24×10^{17}	F	3 578	129 745	5.7	45.75	3 217	238 347	39.1	103.47	10	-84	-575	-126
		N	25 196	488 059	27	134.93	13 364	432 297	105	266.55	47	11	-292	-98
Mitogen Activated Protein Kinase (MAPK)														
8	6.11×10^6	F	452	4 018	0.28	5.07	256	4 819	0.14	5.24	43	-20	51	-3
		N	498	5 705	0.28	5.07	336	5 628	0.35	5.44	33	1	-23	-7
20	8.81×10^{10}	F	2 812	29 332	1.9	13.11	1 177	43 856	2.6	20.64	58	-50	-32	-57
		N	3 082	52 264	2.8	18.48	1 992	69 661	3.6	23.95	35	-33	-27	-30
40	4.78×10^{14}	F	15 002	162 272	7,5	53,4	4 203	749 782	106,4	106,4	72	-62	-1321	-99
		N	15 842	262 144	16,9	72,6	9608	524 288	148	144,1	39	-100	-772	-98

Number of Instances	State Space Size	Flat	Flat order performances				Hierarchical order performances				Gain (in %)			
			Final	Peak	Time	MB	Final	Peak	Time	MB	Final	Peak	Time	Mem
Flexible Modeling System (FMS)														
10	2.50×10^9	F	338	4 325	0.21	5.14	257	5 075	0.14	5.42	24	-17	35	-6
		N	1 256	13 578	0.61	7.85	684	9 144	0.17	6.45	46	33	72	18
20	6.02×10^{12}	F	848	16 480	0.7	8.88	697	23 455	1.1	11.98	18	-42	-41	-35
		N	4 391	64 728	2.7	22.43	2 354	47 784	1.4	19.13	46	26	47	15
50	4.24×10^{17}	F	3 578	129 745	5.7	45.75	3 217	238 347	39.1	103.47	10	-84	-575	-126
		N	25 196	488 059	27	134.93	13 364	432 297	105	266.55	47	11	-292	-98
Mitogen Activated Protein Kinase (MAPK)														
8	6.11×10^6	F	452	4 018	0.28	5.07	256	4 819	0.14	5.24	43	-20	51	-3
		N	498	5 705	0.28	5.07	336	5 628	0.35	5.44	33	1	-23	-7
20	8.81×10^{10}	F	2 812	29 332	1.9	13.11	1 177	43 856	2.6	20.64	58	-50	-32	-57
		N	3 082	52 264	2.8	18.48	1 992	69 661	3.6	23.95	35	-33	-27	-30
40	4.78×10^{14}	F	15 002	162 272	7,5	53,4	4 203	749 782	106,4	106,4	72	-62	-1321	-99
		N	15 842	262 144	16,9	72,6	9608	524 288	148	144,1	39	-100	-772	-98

Number of Instances	State Space Size	Flat	Flat order performances				Hierarchical order performances				Gain (in %)			
			Final	Peak	Time	MB	Final	Peak	Time	MB	Final	Peak	Time	Mem
Flexible Modeling System (FMS)														
10	2.50×10^9	F	338	4 325	0.21	5.14	257	5 075	0.14	5.42	24	-17	35	-6
		N	1 256	13 578	0.61	7.85	684	9 144	0.17	6.45	46	33	72	18
20	6.02×10^{12}	F	848	16 480	0.7	8.88	697	23 455	1.1	11.98	18	-42	-41	-35
		N	4 391	64 728	2.7	22.43	2 354	47 784	1.4	19.13	46	26	47	15
50	4.24×10^{17}	F	3 578	129 745	5.7	45.75	3 217	238 347	39.1	103.47	10	-84	-575	-126
		N	25 196	488 059	27	134.93	13 364	432 297	105	266.55	47	11	-292	-98
Mitogen Activated Protein Kinase (MAPK)														
8	6.11×10^6	F	452	4 018	0.28	5.07	256	4 819	0.14	5.24	43	-20	51	-3
		N	498	5 705	0.28	5.07	336	5 628	0.35	5.44	33	1	-23	-7
20	8.81×10^{10}	F	2 812	29 332	1.9	13.11	1 177	43 856	2.6	20.64	58	-50	-32	-57
		N	3 082	52 264	2.8	18.48	1 992	69 661	3.6	23.95	35	-33	-27	-30
40	4.78×10^{14}	F	15 002	162 272	7,5	53,4	4 203	749 782	106,4	106,4	72	-62	-1321	-99
		N	15 842	262 144	16,9	72,6	9608	524 288	148	144,1	39	-100	-772	-98

Number of Instances	State Space Size	Flat	Flat order performances				Hierarchical order performances				Gain (in %)			
			Final	Peak	Time	MB	Final	Peak	Time	MB	Final	Peak	Time	Mem
Flexible Modeling System (FMS)														
10	2.50×10^9	F	338	4 325	0.21	5.14	257	5 075	0.14	5.42	24	-17	35	-6
		N	1 256	13 578	0.61	7.85	684	9 144	0.17	6.45	46	33	72	18
20	6.02×10^{12}	F	848	16 480	0.7	8.88	697	23 455	1.1	11.98	18	-42	-41	-35
		N	4 391	64 728	2.7	22.43	2 354	47 784	1.4	19.13	46	26	47	15
50	4.24×10^{17}	F	3 578	129 745	5.7	45.75	3 217	238 347	39.1	103.47	10	-84	-575	-126
		N	25 196	488 059	27	134.93	13 364	432 297	105	266.55	47	11	-292	-98
Mitogen Activated Protein Kinase (MAPK)														
8	6.11×10^6	F	452	4 018	0.28	5.07	256	4 819	0.14	5.24	43	-20	51	-3
		N	498	5 705	0.28	5.07	336	5 628	0.35	5.44	33	1	-23	-7
20	8.81×10^{10}	F	2 812	29 332	1.9	13.11	1 177	43 856	2.6	20.64	58	-50	-32	-57
		N	3 082	52 264	2.8	18.48	1 992	69 661	3.6	23.95	35	-33	-27	-30
40	4.78×10^{14}	F	15 002	162 272	7,5	53,4	4 203	749 782	106,4	106,4	72	-62	-1321	-99
		N	15 842	262 144	16,9	72,6	9608	524 288	148	144,1	39	-100	-772	-98

Grands Modèles :

- Gain de 4% à 99 %
- Instances du modèle ↗, Gains ↗
- Permet d'aller plus loins (Philosophe et Token Ring)

Modèles K-bounded :

- Gain positif sur le SDD Final mais ...
- Coût négatif de la hiérarchie ...
- Pourquoi ?
 - ✓ Petit modèle : 22 places
 - ✓ Peu de module identique dans ces modèles
 - ✓ Découpage aveugle
 - Module non partageable : Augmentation du Pic SDD
 - Calculs supplémentaires : Augmentation du Temps CPU
 - Calculs stockés en caches : Augmentation de la mémoire

Heuristique hiérarchique N-Cut-Naive

- Extension pour des heuristiques existantes
- Automatique

Contribution

- Hiérarchisation adapté pour les grands modèles
- Non adapté pour les petits modèles k-bounded

Limitation

- Découpage brutale
- Profondeur hiérarchique $X_N = \lceil \log_N(|P|) \rceil$

Perspectives

- Repousser les limites de la profondeur hiérarchique
- Exploiter la structure du P/T net
 - ✓ En cours : Trouver les symétries (partielles) ...

- [1] F. A. Aloul, I. L. Markov, K. A. Sakallah. FORCE : a fast and easy-to-implement variable ordering heuristic. 2003.
- [2] R. Bryant. Graph-based algorithms for boolean function manipulation. August 1986.
- [3] C. Choppy, A. Dedova, S. Evangelista, S. Hong, K. Klai, and L. Petrucci. The neo protocol for large-scale distributed database systems : Modelling and initial verification. Springer, 2010
- [4] G. Ciardo, G. Lüttgen, A. S. Miner. Exploiting interleaving semantics in symbolic state-space generation. 2007.
- [5] J-M. Couvreur, Y. Thierry-Mieg. Hierarchical Decision Diagrams to Exploit Model Structure. Springer, 2005.
- [6] E. W. Dijkstra. Hierarchical ordering of sequential processes. 1971.
- [7] M. Heiner, D. Gilbert, R. Donaldson. Petri nets for systems and synthetic biology. Springer, 2008.
- [8] M. Heiner, M. Schwarick, and A. Tovchigrechko. DSSZ-MC - A Tool for Symbolic Analysis of Extended Petri Nets. Springer Verlag, 2009
- [9] G. L. Peterson. Myths about the mutual exclusion problem. June 1981.
- [10] A decomposition approach for stochastic reward net models. October 1995.
- [11] Y. Thierry-Mieg, D. Poitrenaud, A. Hamez, F. Kordon. Hierarchical Set Decision Diagrams and Regular Models. Springer, 2009.