

# Introduction aux Réseaux Bayésiens : Apprentissage

Soizic GESLIN  
Maxime CHAMBREUIL

---

## Table des matières

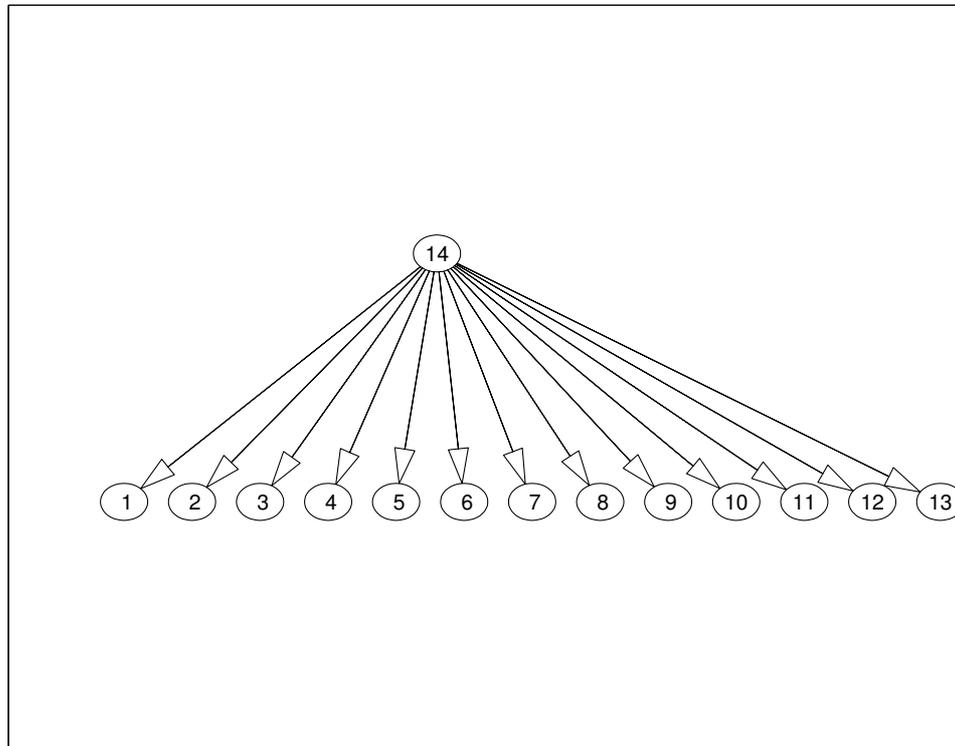
<b>1</b>	<b>Initialisation</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Apprentissage</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Résultats</b>	<b>3</b>
3.1	Sortie console . . . . .	3
3.2	Structures obtenues . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Comparatifs</b>	<b>6</b>
4.1	Apprentissage des paramètres . . . . .	6
4.2	Apprentissage de la structure - Base complète . . . . .	6
4.2.1	Réseau naïf augmenté - Influence de la racine . . . . .	6
4.2.2	Algorithme du K2 - Influence de l'ordre . . . . .	8
4.3	Apprentissage de la structure - Base incomplète . . . . .	9
<b>5</b>	<b>Conclusion</b>	<b>9</b>
5.1	Apprentissage des paramètres - Base complète / incomplète . . . . .	9
5.2	Apprentissage de la structure - Base complète . . . . .	9
5.3	Influence de la racine sur le réseau naïf augmenté . . . . .	9
5.4	Influence de l'ordre sur le K2 . . . . .	9
5.5	Apprentissage de la structure - Base incomplète . . . . .	10

---

## 1 Initialisation

On initialise avec la base Heart. On crée ensuite un graphe qui servira pour l'apprentissage des probabilités, ce graphe est dit 'naïf' et on suppose que la classe réelle (variable 14) dépend de toutes les autres.

Graphe d origine



## 2 Apprentissage

Dans ce TP, nous allons comparer les différentes méthodes d'apprentissage des probabilités et des structures des réseaux bayésiens selon 3 critères : Taux de bonne classification, performance, topologie du réseau obtenu.

Nous avons vu les cas d'apprentissage des paramètres suivants :

- Apprentissage des paramètres : Sans données manquantes
- Avec données manquantes ( 20 % des données de la base en moins ).

Nous avons aussi vu les méthodes d'apprentissage de la structure sans données manquantes suivantes

- Recherche d'un arbre optimum (MWST)
- Réseau naïf augmenté
- Algorithme K2
- Algorithme PC

Nous avons enfin étudié l'apprentissage de la structure avec données manquantes

## 3 Résultats

### 3.1 Sortie console

```
tauxBienClassesBaseComplete = 0.8765  
tpsApprentissageBaseComplete = 0.1756
```

```
Apprentissage sur la base incomplete  
**Limitation a 2 iterations**  
EM iteration 1, ll = -3113.4779  
EM iteration 2, ll = -1928.3514
```

```
tauxBienClassesBaseIncomplete = 0.8642  
tempsApprentissageBaseIncomplete = 46.0774
```

```
Apprentissage de la structure
```

```
Arbre optimum
```

```
Apprentissage des probas sur la base complete  
tauxBienClassesMWST = 0.8765  
tempsApprentissageStructMWST = 2.2458
```

```
Apprentissage des probas sur la base complete - Reseau naif augmente  
tauxBienClassesNaifAugmente = 0.8519  
tempsNaifAugmente = 0.0847
```

```
Algorithme du K2
```

```
order = 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 1  
tempsAlgoK2 = 2.3609  
Apprentissage des probas K2 sur la base complete  
tauxBienClassesK2 = 0.8395
```

```
Algorithme PC
```

```
tempsAlgorithmePC = 3.4164  
Apprentissage des probas PC sur la base complete  
tauxBienClassesPC = 0.7531
```

```
Algorithme EM
```

```
Apprentissage des probas sur la base incomplete  
tempsApprentissageParamDonnesIncomplete = 717.8680  
tauxBienClassesBaseIncomplete = 0.5062
```

### 3.2 Structures obtenues

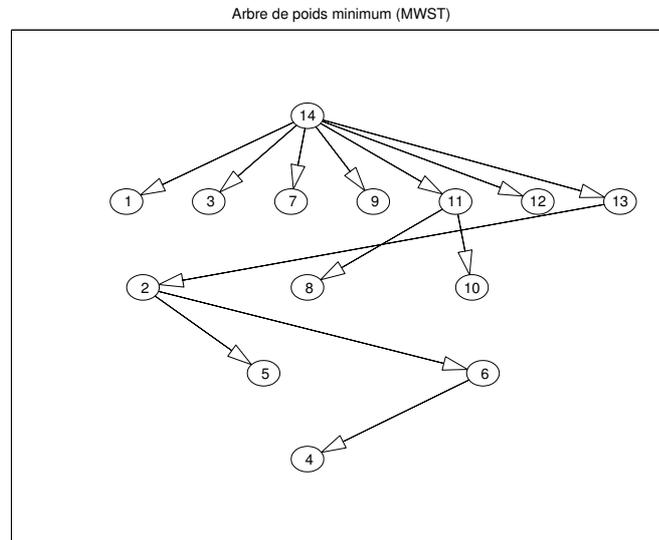


FIG. 1 – Arbre Optimum

Reseau Naïf Augmente(MWST) – Racine 13 – Sans et avec le noeud 14

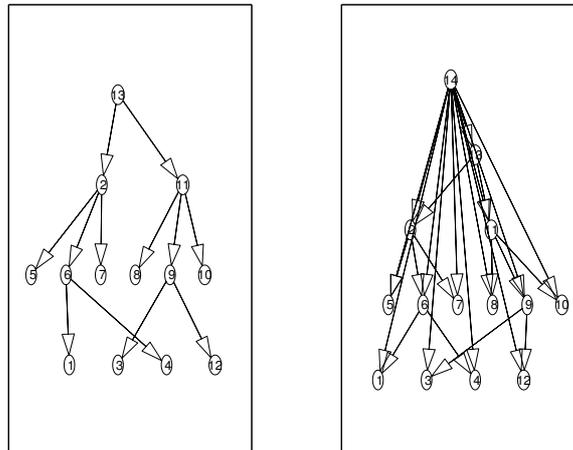


FIG. 2 – Réseau naïf augmenté - Racine 13

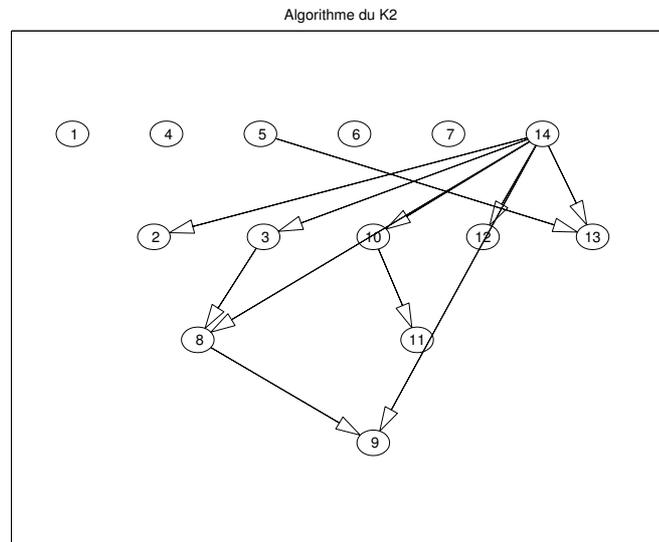


FIG. 3 – Algorithme K2

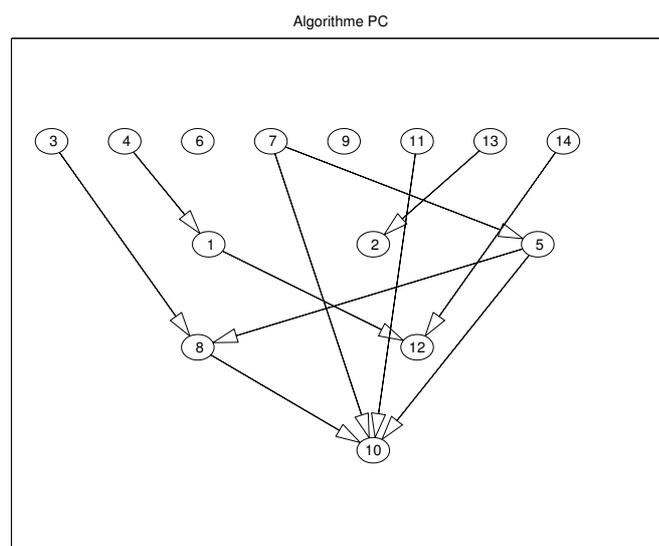


FIG. 4 – Algorithme PC

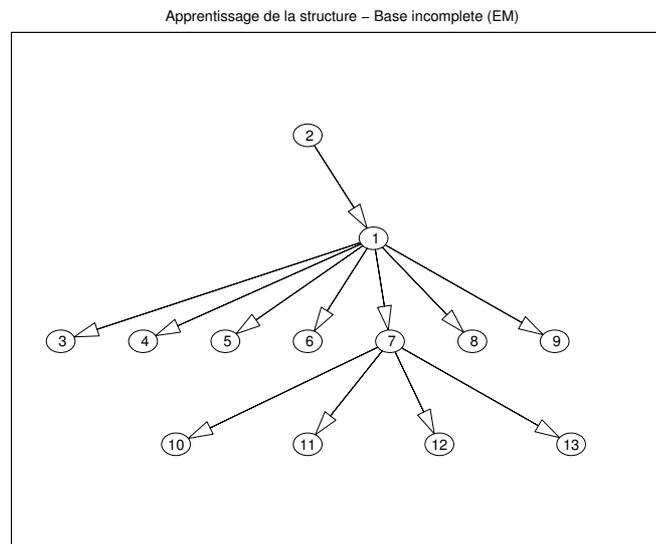


FIG. 5 – Algorithme EM : Apprentissage de la structure - Base incomplète

## 4 Comparatifs

### 4.1 Apprentissage des paramètres

Les méthodes avec données complètes ou incomplètes donnent le même taux de bonne classification. Pour de tels résultats, l'algorithme pour les données incomplètes est beaucoup plus long, ce qui paraît tout à fait normal.

Méthode	Taux	Temps
Complete	0.88	0.18
Incomplete	0.86	0.46

### 4.2 Apprentissage de la structure - Base complète

Méthode	Taux	Temps	Qualité du réseau
Recherche d'un arbre optimum (MWST)	0.88	2.25	7/10
Réseau naïf augmenté	0.85	0.08	8/10
Algorithme K2	0.84	2.36	5/10
Algorithme PC	0.75	3.42	2/10

Nous avons attribué des notes sur 10 subjectivement et en connaissant le réseau réel.

#### 4.2.1 Réseau naïf augmenté - Influence de la racine

Le noeud racine dont on parle est l'un des 13 noeuds choisis.

Reseau Naif Augmente(MWST) – Racine 1 – Sans et avec le noeud 14

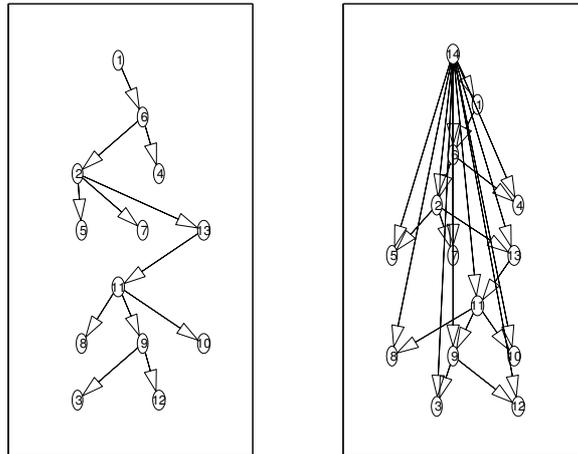


FIG. 6 – Réseau naïf augmenté - Racine 1

Reseau Naif Augmente(MWST) – Sans et avec le noeud 14 – Racine2

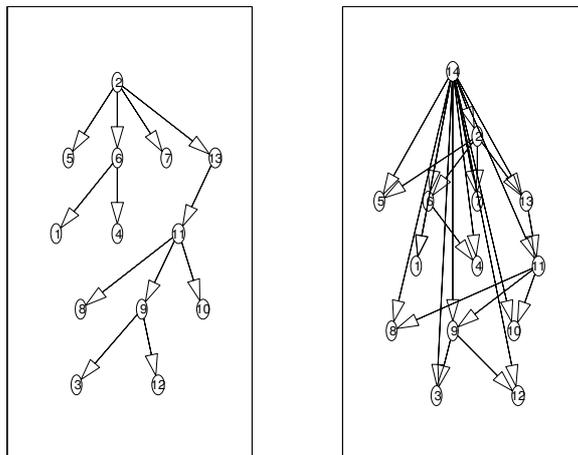


FIG. 7 – Réseau naïf augmenté - Racine 2

Noeud racine	Taux	Temps	Qualité du graphe
13	0.85	0.08	8/10
1	0.85	0.1	5/10
2	0.84	0.09	7/10

Avec le graphe sans le noeud 14, nous considérons qu'une structure est d'autant meilleure que la hauteur du graphe est faible car les autres noeuds sont au même niveau. On remarque alors que le taux de bonne classification n'évolue pas à l'instar du temps d'exécution et de la qualité de la structure qui varie d'une racine à l'autre. Plus le temps d'exécution est rapide, meilleure est la structure.

#### 4.2.2 Algorithme du K2 - Influence de l'ordre

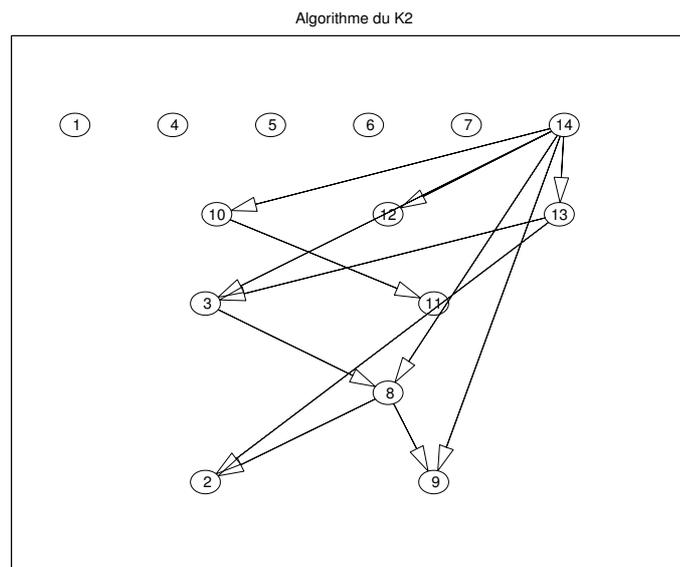


FIG. 8 – Algorithme K2

Figure	Ordre	Taux	Temps	Qualité du graphe
3	14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 1	0.84	2.36	5/10
8	14 13 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 1 2	0.84	5.27	5/10

Nous n'avons pas eu de résultats de la part des autres binômes au moment où nous rédigeons ce compte-rendu, donc nous avons testé quelques valeurs pour essayer d'en tirer une petite interprétation. Il est très difficile de juger si un des graphes est meilleure qu'un autre parce qu'ils sont tous assez loin de la structure exacte et le taux de bonne classification semble constant. La principale différence au niveau des résultats réside dans le temps d'exécution.

### 4.3 Apprentissage de la structure - Base incomplète

On a toujours nos 20% de données en moins et on remarque l'influence de ce manque sur la recherche d'une structure : On a un temps de calcul supérieur à 10 minutes en recherchant 20 arcs (qui est d'après notre professeur déjà très peu) et en ne faisant que 2 itérations pour la recherche des paramètres. Cet algorithme est donc très gourmand pour l'apprentissage de la structure.

Par ailleurs, on obtient un taux de bonne classification de 50 %, ce qui est très mauvais par rapport aux résultats obtenus en connaissant la structure. L'apprentissage met donc beaucoup de temps pour générer une structure, qui va donner de mauvais paramètres malgré un bon algorithme d'apprentissage de paramètres.

## 5 Conclusion

### 5.1 Apprentissage des paramètres - Base complète / incomplète

On remarque que le fait d'enlever près de 20 % des données de la base n'affecte pas ou très peu les résultats.

### 5.2 Apprentissage de la structure - Base complète

D'après nos résultats, nous observons que la méthode du réseau naïf augmenté est efficace au niveau des résultats (nous avons mis 8/10) et performant : exécution en 0.01 secondes. Cependant, une telle méthode exige d'avoir quelques connaissances sur la structure du réseau avant l'exécution. De même, l'algorithme MWST seul est efficace (7/10) pour un temps d'exécution raisonnable.

Les deux autres méthodes ne sont pas satisfaisantes au vu des performances et des résultats pour notre problème.

### 5.3 Influence de la racine sur le réseau naïf augmenté

Avec nos quelques tests, nous en concluons que le choix de la racine influence la structure du graphe et le temps d'exécution mais pas le taux de bonne classification.

### 5.4 Influence de l'ordre sur le K2

En testant des valeurs différentes pour l'ordre, on ne peut pas dire qu'un ordre améliore plus qu'une autre la structure d'un graphe obtenu en sortie du K2 : La structure est différente mais la qualité est toujours aussi médiocre. L'ordre influence les performances mais pas la qualité de la structure (Ceci n'est qu'une supposition sur le peu de résultats que nous avons obtenu).

## 5.5 Apprentissage de la structure - Base incomplète

L'algorithme étudié donne de très mauvais résultats : Il est très long à exécuter (> 10 minutes), donne une structure fautive, qui génère de mauvais paramètres et donc une mauvaise classification (50 % de chance de se tromper).