

---

Projet STL

Extraction de motifs graduels fermés fréquents  
sous contrainte de temporalité

---

*Composition du trinôme :*  
MUHANNAD ALABDULLAH  
LEA EL ABBOUD  
ESMA HOCINI

*Encadrants :*  
Mehdi NAIMA  
Lionel TABOURIER

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
1.1	Présentation du projet . . . . .	1
1.2	Définitions . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Algorithme d'extraction des itemsets fréquents</b>	<b>3</b>
2.1	Algorithme Apriori . . . . .	3
2.1.1	Principe de base . . . . .	3
2.1.2	Pseudo-code . . . . .	4
2.1.3	Exemple . . . . .	4
2.1.4	Complexité . . . . .	6
2.2	Les structures de données . . . . .	6
2.3	Fonctions et Opérations . . . . .	6
2.3.1	Opérations sur les Itemsets . . . . .	6
2.4	Algorithme AprioriTID . . . . .	7
2.4.1	Principe de base . . . . .	7
2.4.2	Pseudo-code . . . . .	7
2.4.3	Exemple . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Étude expérimentale</b>	<b>9</b>
3.1	Paramètres . . . . .	9
3.2	Génération de données artificielles . . . . .	9
3.3	Temps d'exécution . . . . .	9
3.3.1	Variation de la probabilité . . . . .	10
3.3.2	Variation du support minimum . . . . .	10
3.4	Consommation en mémoire . . . . .	10
<b>4</b>	<b>Bilan</b>	<b>11</b>

# 1 Introduction générale

## 1.1 Présentation du projet

Pendant leurs opérations quotidiennes, de nombreuses entreprises commerciales collectent une quantité considérable d'informations pour étudier les comportements de leurs clients. Les supermarchés, par exemple, accumulent un nombre important de données sur les achats des consommateurs en évaluant le contenu de leurs paniers, ce qui les aide à améliorer les stocks et la disposition des produits en rayon, ainsi que de créer un système de recommandations pour leur magasin en ligne.

Dans le cadre de notre projet, nous visons ainsi à développer des algorithmes efficaces pour l'extraction de motifs graduels fermés fréquents. En fouille de données, un motif fréquent désigne un ensemble d'éléments d'un jeu de données qui apparaissent en même temps de façon cohérente et dont le nombre d'occurrences (le support) dépasse un seuil donné.

Ce travail, réalisé en langage C, nécessitera la mise en place de structures de données et d'algorithmes spécifiques pour traiter efficacement les ensembles de données de grande taille et complexité.

## 1.2 Définitions

Avant de détailler notre approche, il est primordial de se familiariser avec certaines définitions fondamentales. Nos exemples seront issus de la base de données  $D$  suivante :

TID	Items
10	1 2 5
20	1 2
30	3 4 6
40	1 2 3 5
50	3 6

TABLE 1.1 – Base de données  $D$  des transactions

**Définition 1.2.1.** *Un item fait référence à tout objet appartenant à un ensemble fini d'éléments distincts  $\mathcal{I} = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ .*

**Exemple 1.2.1.** Les articles en vente dans un magasin sont des items. Dans la base  $\mathcal{D}$ , 1, 2, 3, 4, 5, 6 sont des items.

**Définition 1.2.2.** *Un ensemble d'éléments de  $\mathcal{I}$  est désigné comme un itemset. Plus précisément, un itemset composé de  $k$  éléments est nommé un  $k$ -itemset.*

**Exemple 1.2.2.** Une combinaison d'items. Un exemple de  $\mathcal{D}$  est  $\{1, 2, 5\}$ , qui est un 3-itemset de la transaction TID 40.

**Définition 1.2.3.** *Une transaction est un itemset identifié par un identificateur unique Tid.*

**Exemple 1.2.3.** Un ensemble d'items achetés ensemble. Un panier au supermarché. Par exemple, l'ensemble d'items  $\{1, 2\}$  avec TID 20 est une transaction.

**Définition 1.2.4.** *La fréquence (Support) d'un itemset désigne le nombre de fois que cet itemset apparaît dans un ensemble de transactions donnée.*

**Exemple 1.2.4.** Si nous prenons l'item 1 dans notre base de données  $\mathcal{D}$ , il a un support de 3 car il apparaît dans trois transactions : TID 10, 20 et 40.

**Définition 1.2.5.** *Le support minimum représente la fréquence minimale requise pour qu'un itemset soit considéré comme fréquent.*

**Exemple 1.2.5.** Si le support minimum était de 2 dans notre base de données  $\mathcal{D}$ , alors l'itemset  $\{1, 2\}$ , apparaissant dans les transactions TID 10 et 40, serait considéré comme fréquent.

**Définition 1.2.6.** *Un itemset est dit fréquent si son support est au-delà du support minimum fixé à priori.*

**Exemple 1.2.6.** Dans  $\mathcal{D}$ , en prenant un support minimum de 2, l'item 1 serait considéré comme faisant partie d'un itemset fréquent car il apparaît dans trois transactions.

# 2 Algorithme d'extraction des itemsets fréquents

## 2.1 Algorithme Apriori

Pour résoudre ce type de problème, nous allons nous appuyer sur l'algorithme Apriori proposé par Agrawal et Srikant en 1994 [1]. Il est reconnu pour sa capacité à identifier des propriétés qui reviennent fréquemment dans un ensemble de données.

### 2.1.1 Principe de base

TABLE 2.1 – Notation

$L_k$	Ensemble des $k$ -itemsets fréquents de taille $k$ (avec support minimum). Chaque membre de cet ensemble possède deux attributs : i) itemset et ii) support count (nombre d'occurrences).
$C_k$	Ensemble de candidats $k$ -itemsets. Chaque membre de cet ensemble possède deux attributs : i) itemset et ii) support count (nombre d'occurrences).

L'algorithme Apriori implémente une approche itérative pour trouver les itemsets fréquents. Tout d'abord, il détermine le support des 1-itemsets en effectuant une première passe sur la base de données. Les itemsets dont le support ne rencontre pas le seuil minimum défini sont qualifiés de non fréquents. Grâce à la propriété de monotonie, qui précise qu'un itemset ne peut être fréquent que si tous ses sous-ensembles sont également fréquents, l'algorithme élimine les itemsets non fréquents à chaque étape itérative. Par la suite, un nouvel ensemble des 2-itemset, désignés comme les itemsets candidats, est formé. Après un autre passage sur la base de données, les supports de ces 2-itemset candidats sont calculés. Ceux non fréquents sont rejetés. Le processus décrit précédemment est maintenu jusqu'à ce que l'on ne puisse plus générer les itemsets fréquents.

La fonction Apriori-Gen( $L_{k-1}$ ) est utilisée pour générer des candidats et prend  $L_{k-1}$  comme paramètre, produisant ainsi un ensemble de tous les  $k$ -itemsets candidats. Cette opération se déroule en trois étapes : d'abord l'extraction de tous les éléments possibles de l'ensemble  $L_{k-1}$ , puis parcourir cet ensemble d'éléments extraits et  $L_{k-1}$  et construire toutes les combinaisons possibles de taille  $k$  en essayant d'ajouter à chaque itération, un élément extrait à un ensemble de taille  $k-1$  dans  $L_{k-1}$ . Ensuite, lors de l'étape d'élagage, tous les itemsets  $c$  dans  $C_k$  tels qu'il existe un sous-ensemble de  $c$  de taille  $k-1$  qui n'est pas dans  $L_{k-1}$  sont supprimés.

## 2.1.2 Pseudo-code

---

**Algorithm 1** Apriori

---

```
1: Entrées : Base de transaction  $\mathcal{D}$ , Support minimum  $S$ 
2: Sorties : Ensemble  $L_k$  des itemsets fréquents
3:  $L_1 \leftarrow \{1\text{-itemsets fréquents}\}$ 
4: for ( $k \leftarrow 2, L_{k-1} \neq \emptyset; k \leftarrow k + 1$ ) do
5:    $C_k \leftarrow \text{Apriori-Gen}(L_{k-1});$  // nouveaux candidats
6:   for all transaction  $t \in D$  do
7:      $C_t \leftarrow \text{Subset}(C_k, t);$ 
8:     for all candidat  $c \in C_t$  do
9:        $c.\text{support} \leftarrow c.\text{support} + 1;$ 
10:    end for
11:  end for
12:   $L_k \leftarrow \{c \in C_k | c.\text{support} \geq S\};$ 
13: end for
14: fin
15: retourner  $\bigcup_k L_k$ 
```

---

---

**Algorithm 2** Apriori-Gen, une procédure de l'ensemble

---

```
1: Entrées : Ensemble  $L_{k-1}$  de  $(k-1)$ -itemsets fréquents
2: Sorties : Ensemble  $C_k$   $k$ -itemsets candidats
3: insérer dans  $C_k$ ;
4: sélectionner  $p[1], p[2], \dots, p[k-1], q[k-1]$ ;
5: de  $L_{k-1}, L_{k-1}$ ;
6: où  $p[1] = q[1], \dots, p[k-2] = q[k-2], p[k-1] < q[k-1]$ ;
7: for all itemset candidat  $c \in C_k$  do
8:   for all sous-ensemble  $s$  de  $c$  de taille  $k-1$  do
9:     if  $s \notin L_{k-1}$  then
10:      supprimer  $c$  de  $C_k$ ;
11:    end if
12:  end for
13: end for
14: fin
15: retourner  $C_k$ 
```

---

## 2.1.3 Exemple

Pour décrire les étapes successives de l'algorithme, nous exécuterons Apriori sur l'exemple de la Figure 1.1 en choisissant un support minimum  $S = 2$ .

### Étape 1.

Nous commençons par une première passe sur la base de données pour identifier les candidats  $C_1$ , qui sont les 1-itemsets, et calculons leur support. Les items  $\{1\}$ ,  $\{2\}$ ,  $\{3\}$ ,  $\{5\}$ , et  $\{6\}$  se qualifient comme itemsets fréquents formant l'ensemble  $L_1$ , puisqu'ils apparaissent au moins deux fois. Nous éliminons l'item  $\{4\}$ , car son support est inférieur à  $S$ .

$C_1$		$L_1$	
Itemsets	Support	Itemsets	Support
{1}	3	{1}	3
{2}	3	{2}	3
{3}	3	{3}	2
{4}	1	{5}	2
{5}	2	{6}	2
{6}	2		

TABLE 2.2 – Premier passage sur la base de données pour trouver des ensembles d'éléments uniques

### Étape 2.

Avec  $L_1$  établi, nous faisons une deuxième passe pour générer  $C_2$ , les 2-itemsets candidats, et calculons à nouveau le support. De cette étape, les paires {1 2}, {1 5}, {2 5}, et {3 6} s'avèrent fréquentes, constituant ainsi l'ensemble  $L_2$ .

$C_2$		$L_2$	
Itemsets	Support	Itemsets	Support
{1 2}	3	{1 2}	3
{1 3}	1	{1 5}	2
{1 5}	2	{2 5}	2
{1 6}	0	{3 6}	2
{2 3}	1		
{2 5}	2		
{2 6}	0		
{3 5}	1		
{3 6}	2		
{5 6}	0		

TABLE 2.3 – Deuxième parcours pour trouver des ensembles d'éléments de taille 2

### Étape 3.

En progressant vers  $C_3$ , les 3-itemsets candidats, une troisième passe sur la base de données révèle que seul l'itemset {1 2 5} a un support qui satisfait  $S$ , ce qui nous donne l'ensemble  $L_3$ .

$C_3$		$L_3$	
Itemsets	Support	Itemsets	Support
{1 2 5}	2	{1 2 5}	2

TABLE 2.4 – Troisième parcours pour trouver des ensembles d'éléments de taille 3

Puisqu'aucun itemset de taille supérieure à trois ne peut être formé avec un support suffisant, le processus itératif s'achève, laissant comme résultat final l'union des ensembles  $L_1 : \{\{1\}, \{2\}, \{3\}, \{5\}, \{6\}\}$ ,  $L_2 : \{\{1 2\}, \{1 5\}, \{2 5\}, \{3 6\}\}$ , et  $L_3 : \{\{1 2 5\}\}$ .

Ainsi, le résultat final obtenu est le suivant :  
 $\{\{1\}, \{2\}, \{3\}, \{5\}, \{6\}, \{1 2\}, \{1 5\}, \{2 5\}, \{3 6\}, \{1 2 5\}\}$

### 2.1.4 Complexité

Bien que théoriquement la complexité de l'algorithme Apriori puisse atteindre une forme exponentielle dans le pire des cas, son application pratique sur des bases transactionnelles réelles est souvent bien plus gérable, car le pire des cas est très éloigné de la réalité.

## 2.2 Les structures de données

Pour optimiser l'extraction de motifs fréquents à partir de grandes bases de données transactionnelles, nous avons conçu des structures de données spécifiques pour soutenir les algorithmes que nous avons implémentés.

### — Structure des Itemsets (`item_set`)

La structure `item_set` est utilisée pour représenter les itemsets identifiés lors du processus de fouille de données. Elle contient un tableau dynamique pour stocker les items de cet ensemble, leur nombre ( $k$ ) et un compteur d'occurrences (*count*) utilisé pour enregistrer le nombre d'apparition de cet itemset dans l'ensemble de données.

### — Table de hachage

Afin de gérer efficacement les grandes quantités d'itemsets et de faciliter les opérations fréquentes, nous avons intégré une structure de table de hachage, une composante clé pour notre algorithme.

La table de hachage consiste à contenir des itemsets, alors elle représente les ensembles de type  $L_k$  et  $C_k$ .

#### — Structure et fonctionnement de la table de hachage

La table de hachage est composée d'un tableau de pointeurs `pointers`, où chaque entrée pointe vers un `hash_node`, une structure de donnée qui sert de conteneur pour les `item_set`, offrant ainsi un accès aux itemsets et leur données associées.

#### — Fonctions de hachage

Dans notre algorithme, il y a deux fonctions de hachage essentielles, une fonction qui donne une valeur de hachage à un élément `hash_item_id(int id)`, et une autre fonction qui donne une valeur de hachage à un itemset `hash_item_set(item_set s)`. Soit `val(item i)` une fonction qui prend un élément en paramètre et qui renvoie un entier  $v$  qui correspond à cet élément, la fonction `hash_item_id(id)` renvoie  $id \bmod 100$  et la fonction `hash_item_set(s)` renvoie  $(\sum_{i \in s} \text{val}(i)) \bmod 100$ . Notez que dans notre implémentation nous considérons que les éléments sont par défaut représentés par des entiers.

#### — Gestion des collisions

La gestion des collisions est un aspect important de la performance de la table de hachage. Lors de l'insertion d'un nouvel itemset, la fonction de hachage calcule un indice qui détermine où le `hash_node` correspondant devrait être placé dans le tableau de pointeurs. L'indice calculé sera également conservé dans le `hash_node` pour une récupération efficace. En cas de collision, quand plusieurs itemsets sont attribués le même indice de hachage, les `hash_node` sont reliés en liste chaînée grâce au pointeur `next`. Chaque nœud ajouté est connecté au suivant, permettant ainsi de résoudre les collisions tout en préservant l'accès rapide aux itemsets.

#### — Avantages de la table de hachage

L'utilisation de la table de hachage offre une amélioration des performances de notre algorithme, surtout lorsqu'il est appliqué à de grandes bases de données transactionnelles. Cette structure de données facilite les opérations fréquentes, comme les insertions et les recherches, grâce à sa complexité temporelle moyenne qui est constante  $\mathcal{O}(1)$ .

## 2.3 Fonctions et Opérations

### 2.3.1 Opérations sur les Itemsets

Plusieurs opérations sont implémentées afin de manipuler les itemsets dans l'algorithme. Les fonctions clés incluent l'initialisation d'itemsets en créant un nouvel itemset vide (`init_item_set`), l'ajout d'éléments à un itemset existant tout en assurant qu'il n'y a pas de doublons (`add_item_to_item_set`), et la vérification de la présence d'un item dans un itemset (`item_in_item_set`) ou dans la table de hachage (`item_set_in_hash_table`).



## 2.4 Algorithme AprioriTID

**N.B. :** L'algorithme AprioriTID est une optimisation de l'algorithme Apriori standard. Son implémentation est en cours de développement et sera donc détaillée dans une version prochaine de ce rapport.

### 2.4.1 Principe de base

Afin d'optimiser les performances de l'algorithme standard, les mêmes auteurs ont proposé l'algorithme AprioriTID. Basé sur un principe identique à celui d'Apriori, dans AprioriTID à partir de la deuxième passe, la base de données n'est plus utilisée pour calculer les supports des itemsets candidats. Un ensemble  $\overline{C}_k$  composé des identifiants de transaction (TID) et des  $k$ -itemsets candidats présents dans cette transaction est utilisé. Pour  $k = 1$ ,  $C_1$  correspond à la base de transaction  $D$ . Par rapport à l'algorithme Apriori, le principal avantage de AprioriTID réside dans sa capacité à mémoriser les identifiants de transactions qui contiennent les itemsets fréquents au sein de l'ensemble  $\overline{C}_k$ , permettant ainsi de réduire le nombre de parcours de la base  $D$ .

### 2.4.2 Pseudo-code

**Notation 2.4.1.**  $\overline{C}_k$ . Contient des paires de l'identifiant de transaction et du  $k$ -itemset candidat présent dans cette transaction, c'est à dire  $(Tid, C_k)$

---

**Algorithm 3** AprioriTID

---

```
1:  $L_1 \leftarrow \{1\text{-itemsets fréquents}\}$ 
2:  $C_1 \leftarrow \text{Base de donnée } D;$ 
3: for  $(k \leftarrow 2; L_{k-1} \neq \emptyset; k++)$  do
4:    $\overline{C}_k \leftarrow \text{Apriori-Gen}(L_{k-1});$  // Nouveaux candidats
5:    $\overline{C}_k \leftarrow \emptyset;$ 
6:   for all entrée  $t \in \overline{C}_{k-1}$  do
7:      $\overline{C}_t \leftarrow \{c \in C_k \mid (c - c[k]) \in t.\text{set-of-itemsets} \wedge$ 
8:        $(c - c[k-1]) \in t.\text{set-of-itemsets}\};$ 
9:     for all candidats  $c \in \overline{C}_t$  do
10:       $c.\text{count}++;$ 
11:      if  $(\overline{C}_t \neq \emptyset)$  then
12:         $\overline{C}_k \leftarrow \overline{C}_k \cup \{t.TID, \overline{C}_t\};$ 
13:      end if
14:    end for
15:  end for
16:   $L_k \leftarrow \{c \in \overline{C}_k \mid c.\text{count} \geq S\}$ 
17: end for
18:  $\text{Answer} \leftarrow \bigcup_k L_k;$ 
```

---

### 2.4.3 Exemple

Considérons la base de données dans la figure ci-dessous et supposons que le support minimum  $S$  est de 2. L'appel de Apriori-Gen avec  $L_1$  à l'étape 4 donne les itemsets de candidats  $C_2$ . Dans les étapes 6 à 10, nous comptons le support des candidats dans  $C_2$  en itérant sur les entrées dans  $\overline{C}_1$  et en générant  $\overline{C}_2$ . La première entrée dans  $\overline{C}_1$  est  $\{\{1\}, \{3\}, \{4\}\}$ , correspondant à la transaction 100. Le  $C_t$  à l'étape 7 correspondant à cette entrée  $t$  est  $\{\{1,3\}\}$  parce que  $\{1,3\}$  est un membre de  $C_2$  et à la fois  $\{\{1,3\}, \{1\}\}$  et  $\{\{1,3\}, \{3\}\}$  sont des membres de  $t.\text{set-of-itemsets}$ . L'appel de Apriori-Gen avec  $L_2$  donne  $C_3$ . Faire un passage sur les données avec  $\overline{C}_2$  et  $C_3$  génère  $\overline{C}_3$ . Notons qu'il n'y a pas d'entrée dans  $\overline{C}_3$  pour les transactions avec les TID 100 et 400, puisqu'elles ne contiennent aucun des itemsets dans  $C_3$ . Le candidat  $\{\{2\}, \{3\}, \{5\}\}$  dans  $C_3$  s'avère être large et est le seul membre de  $L_3$ . Lorsque nous générons  $C_4$  en utilisant  $L_3$ , il s'avère être vide, et nous terminons.

Base de données

TID	Items
100	1 3 4
200	2 3 5
300	1 2 3 5
400	2 5

$\overline{C}_1$

TID	Set-of-Itemsets
100	{ {1}, {3}, {4} }
200	{ {2}, {3}, {5} }
300	{ {1}, {2}, {3}, {5} }
400	{ {2}, {5} }

$L_1$

Itemset	Support
{1}	2
{2}	3
{3}	3
{5}	3

$C_2$

Itemset
{1, 2}
{1, 3}
{1, 5}
{2, 3}
{2, 5}
{3, 5}

$\overline{C}_2$

TID	Set-of-Itemsets
100	{ {1, 3} }
200	{ {2, 3}, {2, 5}, {3, 5} }
300	{ {1, 2}, {1, 3}, {1, 5}, {2, 3}, {2, 5}, {3, 5} }
400	{ {2, 5} }

$L_2$

Itemset	Support
{1, 3}	2
{2, 3}	2
{2, 5}	3
{3, 5}	2

$C_3$

Itemset
{2, 3, 5}

$\overline{C}_3$

TID	Set-of-Itemsets
200	{ {2, 3, 5} }
300	{ {2, 3, 5} }

$L_3$

Itemset	Support
{2, 3, 5}	2

FIGURE 2.1 – Application d'AprioriTID sur une base de données

# 3 Étude expérimentale

Pour une évaluation approfondie du temps de calcul et de la consommation en mémoire de l'algorithme Apriori, l'analyse de courbes générées à partir d'un ensemble de données crée aléatoirement se révèle particulièrement utile.

## 3.1 Paramètres

Définissons d'abord quelques paramètres utiles pour notre étude :

Symbole	Description
$N$	Nombre totale d'items
$ D $	Nombre de transactions
$ T $	Taille moyenne des transactions

TABLE 3.1 – Paramètres

## 3.2 Génération de données artificielles

Dans le cadre de notre projet, la génération de données artificiels de transactions est essentielle pour analyser la performance de notre algorithme Apriori<sup>1</sup> sur un large ensemble de données. Cette approche est réalisée par la fonction `generate_baskets_randomly(D,N,P(i))` avec  $P(i)$  la probabilité d'appartenance d'un item  $i$  dans une transaction.

Pour chaque ensemble de données généré, nous avons appliqué l'algorithme Apriori pour identifier les motifs fréquents. Le temps d'exécution de l'algorithme pour chaque ensemble a été enregistré.

**Probabilité d'appartenance des items** La probabilité  $P(i)$  joue un rôle essentiel dans la détermination de l'absence ou de la présence d'un item dans une transaction donnée. La fonction `generate_0_or_1` décide, en fonction d'une probabilité donnée, si un item spécifique est inclus (représenté par 1) ou non (représenté par 0) dans une transaction, en générant un nombre aléatoire et en le comparant à cette probabilité. Cette logique est appliquée à travers la fonction `generate_baskets_randomly`.

**Fichier obtenu.** Ces données synthétiques sont enregistrés dans un fichier CSV "DataRand.csv" facilitant le traitement ultérieur. Chaque ligne du fichier représente un item présent dans une transaction, identifié par un identifiant unique (Transaction ID).

## 3.3 Temps d'exécution

Pour évaluer la performance de l'algorithme Apriori, nous adoptons la méthode suivante : un seul paramètre de notre générateur de données est varié à la fois tout en fixant les autres. Cela nous aide à comprendre comment chaque paramètre affecte la performance de l'algorithme.

---

1. Dans cette version du rapport nous nous concentrerons sur la performance de l'algorithme Apriori standard

Les résultats de notre étude sont représentés sous forme graphique pour visualiser la variation du temps d'exécution de l'algorithme Apriori en fonction du paramètre varié.

### **3.3.1 Variation de la probabilité**

En variant le paramètre de probabilité, nous pouvons simuler des scénarios de transactions plus ou moins denses, ce qui nous permet de tester l'efficacité de l'algorithme Apriori.

Cette section sera détaillée dans le prochain rapport.

### **3.3.2 Variation du support minimum**

Cette section sera détaillée dans le prochain rapport.

## **3.4 Consommation en mémoire**

Cette section sera détaillée dans le prochain rapport.

# 4 Bilan

Notre perspective et notre point de vue sur cette étude seront abordés dans la dernière version du rapport. Pour la première phase de l'étude, nous nous sommes concentrés sur l'algorithme Apriori.

Pour la suite, nous inclurons une comparaison avec AprioriTID et mènerons davantage d'expériences pertinentes pour enrichir notre analyse. Parmi les tâches restantes à réaliser, nous prévoyons de :

1. Comparer des ensembles de données réels à des ensembles de données artificiels, tout en s'assurant que le nombre d'items et le nombre de paniers soient identiques dans les deux cas, pour une évaluation précise de la performance de nos algorithmes.
2. Étudier la complexité de nos algorithmes en analysant les facteurs influençant les performances, tels que le support. Nous envisageons de calculer le nombre de combinaisons possibles à partir d'un nombre de candidats  $C$  connu pour un niveau  $k$  donné (itemsets fréquents  $C_k$ ), afin de déterminer la limite supérieure de combinaisons et d'évaluer le nombre d'opérations nécessaires pour passer de  $C_k$  à  $C_{k+1}$ .
3. Nous prévoyons d'utiliser le forage de données pour détecter des séquences temporelles dans de vastes ensembles de données, une méthode fréquemment employée en data mining. Notre objectif est d'identifier des motifs temporels récurrents dans des données environnementales, en mettant en lumière des variations corrélées. Nous nous concentrons sur la recherche de motifs fermés, ce qui nécessite une adaptation de l'algorithme initial.

# Bibliographie

- [1] Rakesh Agrawal and Ramakrishnan Srikant. *Fast Algorithms for Mining Association Rules*, 1994.