

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

ⵜⴰⴳⴷⴰⵢⵜ ⵜⴰⵖⴻⵔⴰⵢⵜ ⵜⴰⵎⴻⵔⴰⵢⵜ ⵜⴰⵖⴻⵔⴰⵢⵜ

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

ⵎⵓⵏⵙⵜⵉⵔ ⵜⴰⵎⴻⵔⴰⵢⵜ ⵜⴰⵖⴻⵔⴰⵢⵜ ⵜⴰⵎⴻⵔⴰⵢⵜ

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



ECOLE NATIONALE  
SUPÉRIEURE  
D'INFORMATIQUE

المدرسة الوطنية العليا للإعلام الآلي

ⵎⵓⵏⵙⵜⵉⵔ ⵜⴰⵎⴻⵔⴰⵢⵜ ⵜⴰⵖⴻⵔⴰⵢⵜ ⵜⴰⵎⴻⵔⴰⵢⵜ

École nationale Supérieure d'Informatique

# Rapport TP AFCM - ANAD

Option : Systèmes d'Information et Technologies (SIT2)

## Sujet :

Analyse Factorielle des Correspondances  
Multiples sur Formulaire de Réponse Projet  
[IHM]

### Auteurs :

- ABDELKEBIR ACHRAF
- MAKHLOUFI AYMEN

### Proposé par :

- Mme HAMDAD Leila

# Table des matières:

<b>Table des matières:</b>	<b>2</b>
<b>1. Introduction</b>	<b>3</b>
1.1. Présentation des données collectées	3
1.2. Méthodologie adoptée	6
<b>2. Préparation des Données</b>	<b>7</b>
2.1. Exploration initiale des données	7
2.2. Nettoyage et transformation des données	7
2.2.1. Suppression des colonnes inutiles	7
2.2.2. Renommage des colonnes	8
2.2.3. Sauvegarde des données nettoyées	8
2.3. Construction de la table disjonctive	8
2.3.1. Chargement des données nettoyées	9
2.3.2. Étude statistique des données	10
2.3.3. Transformation en table disjonctive	11
2.3.4. Sauvegarde des résultats	12
<b>3. Analyse Factorielle des Correspondances Multiples (AFCM)</b>	<b>12</b>
3.1. Présentation de la méthode AFCM	12
3.2. Application de l'AFCM aux données	12
3.3. Analyse des valeurs propres	14
<b>4. Interprétation des Résultats</b>	<b>15</b>
4.1. Visualisation du biplot individus-variables	15
4.2. Étude des contributions des modalités individus et des variables sur l'axe 1 et 2	16
4.2.1. Contributions individus	16
4.2.2. Contributions des variables	16
4.2.3. Interprétation des axes	16
4.3. Associations entre modalités	17
Interprétation des associations entre modalités :	17
<b>5. Visualisations Supplémentaires</b>	<b>18</b>
5.1. Visualisation du Contribution relative des individus	18
5.2. Visualisation du contribution relative des modalités	18
<b>6. AFC entre Freq_Utilisation et UX_mobile_note</b>	<b>19</b>
6.1. Tableau de contingence	19
6.2. Résultats de l'AFC	20
6.2.1. Test du Khi-Carré	20
6.2.2. Valeurs Propres	20
6.2.3. Contributions absolus des Lignes	21
6.2.4. Contributions absolus des Colonnes	21
6.2.5. Contributions relatives (Cos2)	21
6.3. Visualisation et Interprétation	22
Interprétation	23

# 1. Introduction

Dans le cadre de ce travail, nous avons entrepris une analyse exploratoire des données recueillies à travers un questionnaire visant à évaluer l'expérience utilisateur du site web de Yalidine. Cette analyse vise à mieux comprendre les perceptions des utilisateurs concernant la navigation, le design et les fonctionnalités proposées par le site.

## 1.1. Présentation des données collectées

Les données ont été collectées via un questionnaire structuré en plusieurs sections :

- **Données démographiques :**

- **Tranche d'âge :**

1. Quelle est votre tranche d'âge ?

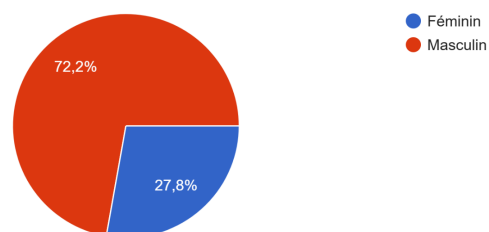
18 réponses



- **Sexe :**

2. Quel est votre sexe ?

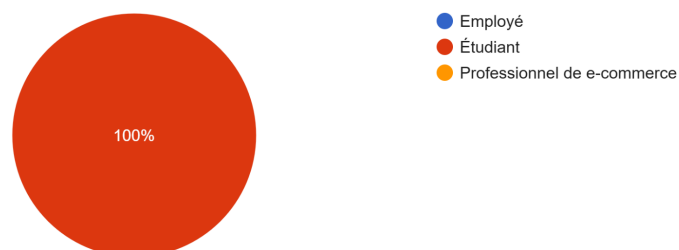
18 réponses



- **Statut :**

3. Quel est votre statut ?

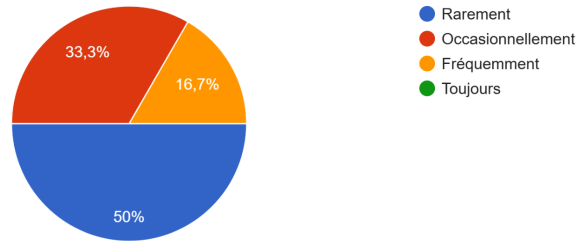
18 réponses



- **Habitudes d'utilisation :**

- Fréquence d'accès au site :

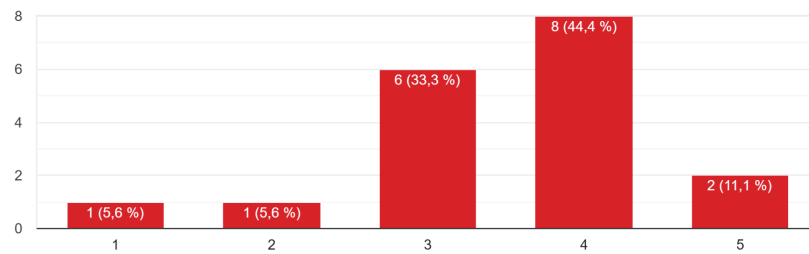
4. À quelle fréquence utilisez-vous le site Yalidine ?  
18 réponses



- **Évaluations des utilisateurs :**

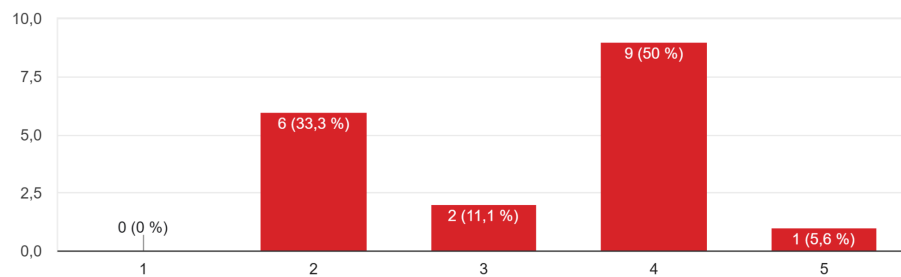
- Facilité de navigation :

5. Comment évalueriez-vous la facilité de navigation sur le site ?  
18 réponses



- Design général :

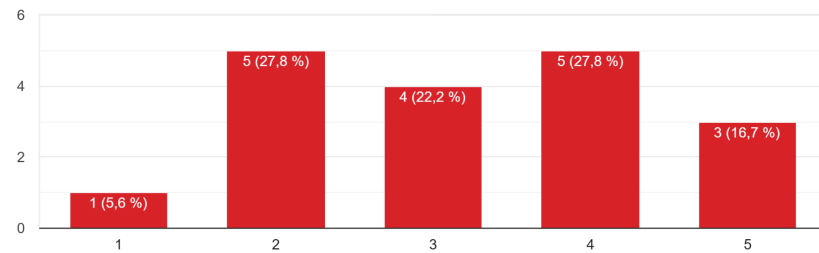
6. Comment évaluez-vous le design général du site (attrait visuel, harmonie, modernité) ?  
18 réponses



○ **Clarté des informations sur les services :**

7. Comment évaluez-vous la clarté des informations sur les services proposés (suivi de colis, recouvrement, etc.) ?

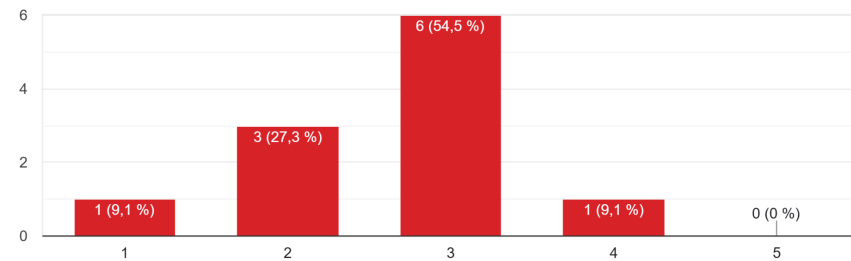
18 réponses



○ **Expérience utilisateur sur mobile (si applicable) :**

8. Avez-vous utilisé le site depuis un mobile ? Si oui, comment évalueriez-vous l'expérience utilisateur sur mobile ?

11 réponses



● **Suggestions d'amélioration :**

Une question ouverte permettant aux participants d'exprimer leurs idées pour optimiser l'expérience utilisateur du site :

9. Quelles améliorations aimeriez-vous voir sur le site ?

6 réponses

- Améliorer la navigation sur mobile pour un accès plus fluide.
- Notify users on changes (rules, services, functionality ...etc), ways to clarify the not clear services, pricing...etc
- surtout le design
- Fix parcel tracking, fix login, make a way to sign up, contact form not clear
- Section des témoignages, Amélioration processus d'ajout des coliers, Affichage des agences ( my3rfouch haja wsmha pagination :)) ) ...
- je trouve qu'il est déjà très bien le site

Ces données offrent une vue complète sur les perceptions des utilisateurs, constituant une base solide pour l'analyse.

## 1.2. Méthodologie adoptée

Les étapes principales suivies dans cette étude sont :

1. **Collecte des données** : Les réponses ont été recueillies via un formulaire en ligne diffusé auprès d'un public varié.
2. **Nettoyage des données** : Suppression des doublons, gestion des valeurs manquantes et formatage des données pour assurer leur cohérence et leur exploitabilité.
3. **Analyse exploratoire** :
  - Étude des tendances générales à travers des statistiques descriptives.
  - Visualisation des réponses pour mettre en évidence les aspects les plus marquants.
4. **Analyse factorielle des correspondances multiples (AFCM)** :
  - Étude des relations entre les réponses aux différentes questions.
  - Identification des regroupements significatifs parmi les modalités et les individus.
5. **Interprétation et recommandations** : Proposition d'améliorations basées sur les résultats de l'analyse.

## 2. Préparation des Données

Dans cette section, nous présentons les étapes nécessaires pour préparer les données collectées en vue de l'analyse, en assurant leur qualité et leur adéquation avec les méthodes utilisées, notamment l'Analyse Factorielle des Correspondances Multiples (AFCM).

### 2.1. Exploration initiale des données

L'exploration initiale des données a permis de :

- Examiner le contenu des variables collectées (questions fermées et ouvertes).
- Identifier les types de variables :
  - Catégoriques (âge, sexe, fréquence d'utilisation, etc.).
  - Textuelles (suggestions d'amélioration).
- Évaluer la qualité des données par :
  - La détection des valeurs manquantes.
  - La vérification de la cohérence des réponses.

	Horodateur	Adresse e-mail	1. Quelle est votre tranche d'âge ?	2. Quel est votre sexe ?	3. Quel est votre statut ?	4. À quelle fréquence utilisez-vous le site Validine ?	5. Comment évaluez-vous la facilité de navigation sur le site ?	6. Comment évaluez-vous le design général du site (attrait visuel, harmonie, modernité) ?	7. Comment évaluez-vous la clarté des informations sur les services proposés (suivi de colis, recouvrement, etc.) ?	8. Avez-vous utilisé le site depuis un mobile ? Si oui, comment évaluez-vous l'expérience utilisateur sur mobile ?	9. Quelles améliorations aimeriez-vous voir sur le site ?
0	25/10/2024 16:16:02	ka_selidja@esi.dz	Entre 18 et 23 ans	Masculin	Étudiant	Occasionnellement	3	3	2	4	Améliorer la navigation sur mobile pour un acc...
1	25/10/2024 16:39:15	ma_kazar@esi.dz	Entre 18 et 23 ans	Masculin	Étudiant	Fréquemment	3	4	1	5	Notify users on changes (rules, services, func...
2	25/10/2024 17:00:55	ls_sadaoui@esi.dz	Entre 18 et 23 ans	Masculin	Étudiant	Occasionnellement	2	2	3	4	surtout le design
3	25/10/2024 17:37:20	lt_amirat@esi.dz	Entre 18 et 23 ans	Féminin	Étudiant	Rarement	4	4	3	2	NaN
4	25/10/2024 19:18:26	hamdaimadeddine@gmail.com	Entre 18 et 23 ans	Masculin	Étudiant	Fréquemment	1	2	2	2	Fix parcel tracking, fix login, make a way to ...

### 2.2. Nettoyage et transformation des données

Pour garantir une analyse précise et exploitable des données, plusieurs étapes de nettoyage et de transformation ont été effectuées :

#### 2.2.1. Suppression des colonnes inutiles

Certaines colonnes, jugées non pertinentes pour l'analyse ou ne contenant pas de données exploitables pour l'AFCM, ont été supprimées. Ces colonnes incluent :

- **Horodateur** : Non pertinent pour l'analyse statistique.

- **Adresse e-mail** : Ne contenant pas d'informations analytiques.
- **Réponses ouvertes** à la question sur les améliorations souhaitées : non utilisées dans l'analyse factuelle.

### 2.2.2. Renommage des colonnes

Les colonnes ont été renommées pour adopter des intitulés plus clairs et descriptifs, facilitant ainsi la compréhension et la manipulation des données. Par exemple :

- La colonne relative à l'âge des répondants est désormais appelée **"Age"**.
- La colonne sur la fréquence d'utilisation du site s'appelle maintenant **"Freq\_Utilisation"**.
- Les notes attribuées à différents aspects du site, comme la facilité d'utilisation ou le design, ont été renommées pour refléter leur contenu, telles que **"Facilite\_Utilisation\_note"**, **"Design\_note"**, etc.

### 2.2.3. Sauvegarde des données nettoyées

Les données ainsi nettoyées et transformées ont été sauvegardées dans un nouveau fichier pour une utilisation ultérieure. Cela garantit une traçabilité et évite toute altération des données brutes originales.

```

Output1_Cleaned_FormResponse_MatriceX.csv X
Data > Output1_Cleaned_FormResponse_MatriceX.csv > data
1 Age,Sexe,Statut,Freq_Utilisation,Facilite_Utilisation_note,Design_note,Contenu_note,UX_mobile_note
2 Entre 18 et 23 ans,Masculin,Étudiant,Occasionnellement,3,3,2,4
3 Entre 18 et 23 ans,Masculin,Étudiant,Fréquemment,3,4,1,5
4 Entre 18 et 23 ans,Masculin,Étudiant,Occasionnellement,2,2,3,4
5 Entre 18 et 23 ans,Féminin,Étudiant,Rarement,4,4,3,2
6 Entre 18 et 23 ans,Masculin,Étudiant,Fréquemment,1,2,2,2
7 Entre 18 et 23 ans,Masculin,Étudiant,Occasionnellement,4,4,3,3
8 Entre 18 et 23 ans,Féminin,Étudiant,Rarement,5,4,5,2
9 Entre 18 et 23 ans,Masculin,Étudiant,Rarement,3,3,4,3
10 Entre 18 et 23 ans,Féminin,Étudiant,Rarement,5,5,3,3
11 Entre 18 et 23 ans,Masculin,Étudiant,Rarement,4,4,2,3
12 Entre 18 et 23 ans,Masculin,Étudiant,Fréquemment,4,4,4,3
13 Entre 18 et 23 ans,Féminin,Étudiant,Occasionnellement,3,4,2,3
14 Entre 18 et 23 ans,Féminin,Étudiant,Rarement,3,2,2,4
15 Entre 18 et 23 ans,Masculin,Étudiant,Rarement,4,2,4,2
16 Entre 18 et 23 ans,Masculin,Étudiant,Rarement,4,4,5,4
17 Entre 18 et 23 ans,Masculin,Étudiant,Occasionnellement,4,4,5,3
18 Entre 18 et 23 ans,Masculin,Étudiant,Occasionnellement,3,2,4,1
19 Entre 18 et 23 ans,Masculin,Étudiant,Rarement,4,2,4,3
20

```

## 2.3. Construction de la table disjonctive

Pour préparer les données à une analyse en composantes multiples (AFCM), une table disjonctive a été construite en suivant plusieurs étapes essentielles.



### 2.3.1. Chargement des données nettoyées

Les données nettoyées ont été importées depuis le fichier au format CSV, créé lors de l'étape précédente. Cette table contient les variables catégoriques nécessaires à l'analyse.

```
> # Charger les bibliothèques nécessaires
> library(FactoMineR)
> library(factoextra)
Loading required package: ggplot2
Welcome! Want to learn more? See two factoextra-related books at https://goo.gl/ve3wBa
> library(ggplot2)
>
> # Étape 1 : Charger les données -----$
> # Récupérer le répertoire de travail actuel
> current_dir <- getwd()
>
> # Construire automatiquement le chemin du fichier en utilisant getwd()
> file_path <- paste0(current_dir, "/Data/Output1_Cleaned_FormResponse_Matrice$
>
> # Charger les données depuis le fichier
> data <- read.csv(file_path)
>
> # Afficher un aperçu des données
> head(data)
```

	Age	Sexe	Statut	Freq_Utilisation
1	Entre 18 et 23 ans	Masculin	Étudiant	Occasionnellement
2	Entre 18 et 23 ans	Masculin	Étudiant	Fréquemment
3	Entre 18 et 23 ans	Masculin	Étudiant	Occasionnellement
4	Entre 18 et 23 ans	Féminin	Étudiant	Rarement
5	Entre 18 et 23 ans	Masculin	Étudiant	Fréquemment
6	Entre 18 et 23 ans	Masculin	Étudiant	Occasionnellement

	Facilite_Utilisation_note	Design_note	Contenu_note	UX_mobile_note
1	3	3	2	4
2	3	4	1	5
3	2	2	3	4
4	4	4	3	2
5	1	2	2	2
6	4	4	3	3

```
>
```

### 2.3.2. Étude statistique des données

- Un résumé statistique des données a été réalisé pour vérifier la distribution et les fréquences des catégories de chaque variable.

```
> # Étape 2 : Étudier les statistiques des données -----$
> summary(data) # Résumé des données
      Age      Sexe      Statut      Freq_Utilisation
Length:18   Length:18   Length:18   Length:18
Class :character Class :character Class :character Class :character
Mode  :character  Mode  :character  Mode  :character  Mode  :character

Facilite_Utilisation_note  Design_note  Contenu_note  UX_mobile_note
Min.   :1.0                Min.   :2.000    Min.   :1.000    Min.   :1.00
1st Qu.:3.0                1st Qu.:2.000    1st Qu.:2.000    1st Qu.:2.25
Median :4.0                Median :4.000    Median :3.000    Median :3.00
Mean   :3.5                Mean   :3.278    Mean   :3.222    Mean   :3.00
3rd Qu.:4.0                3rd Qu.:4.000    3rd Qu.:4.000    3rd Qu.:3.75
Max.   :5.0                Max.   :5.000    Max.   :5.000    Max.   :5.00
> sapply(data, table) # Fréquence des catégories
$Age
Entre 18 et 23 ans
      18

$Sexe
      Féminin Masculin
      5         13

$Statut
Étudiant
      18

$Freq_Utilisation
      Fréquemment Occasionnellement      Rarement
      3             6             9

$Facilite_Utilisation_note
1 2 3 4 5
1 1 6 8 2

$Design_note
2 3 4 5
6 2 9 1

$Contenu_note
1 2 3 4 5
1 5 4 5 3

$UX_mobile_note
1 2 3 4 5
1 4 8 4 1

>
```

### 2.3.3. Transformation en table disjonctive

- Une **table disjonctive complète** a été générée. Cela consiste à transformer les réponses catégoriques en colonnes binaires (0/1), où chaque modalité est représentée individuellement.
- Ce format est indispensable pour les calculs lors de l'analyse factorielles des correspondances multiples, car il permet de traiter chaque modalité comme une variable distincte.

```
> # Étape 3 : Transformer le tableau en tableau disjonctif -----$
> data_disj <- tab.disjonctif(data)
> print("Tableau disjonctif")
[1] "Tableau disjonctif"
> print(data_disj)
```

	Entre 18 et 23 ans	Féminin	Masculin	Étudiant	Fréquemment	Occasionnellement
1	1	0	1	1	0	1
2	1	0	1	1	1	0
3	1	0	1	1	0	1
4	1	1	0	1	0	0
5	1	0	1	1	1	0
6	1	0	1	1	0	1
7	1	1	0	1	0	0
8	1	0	1	1	0	0
9	1	1	0	1	0	0
10	1	0	1	1	0	0
11	1	0	1	1	1	0
12	1	1	0	1	0	1
13	1	1	0	1	0	0
14	1	0	1	1	0	0
15	1	0	1	1	0	0
16	1	0	1	1	0	1
17	1	0	1	1	0	1
18	1	0	1	1	0	0

	Rarement	Facilite_Utilisation_note	Design_note	Contenu_note	UX_mobile_note	
1	0		3	3	2	4
2	0		3	4	1	5
3	0		2	2	3	4
4	1		4	4	3	2
5	0		1	2	2	2
6	0		4	4	3	3
7	1		5	4	5	2
8	1		3	3	4	3
9	1		5	5	3	3
10	1		4	4	2	3
11	0		4	4	4	3
12	0		3	4	2	3

### 2.3.4. Sauvegarde des résultats

Le tableau disjonctif obtenu a été exporté au format CSV pour assurer une utilisation facile dans les étapes suivantes de l'analyse et une traçabilité des données transformées.

```
Output2_Disjonctif_FormResponse_MatriceZ.csv X
Data > Output2_Disjonctif_FormResponse_MatriceZ.csv > data
1  "Entre 18 et 23 ans","Féminin","Masculin","Étudiant","Fréquemment","Occasionnell
2  1,0,1,1,0,1,0,3,3,2,4
3  1,0,1,1,1,0,0,3,4,1,5
4  1,0,1,1,0,1,0,2,2,3,4
5  1,1,0,1,0,0,1,4,4,3,2
6  1,0,1,1,1,0,0,1,2,2,2
7  1,0,1,1,0,1,0,4,4,3,3
8  1,1,0,1,0,0,1,5,4,5,2
9  1,0,1,1,0,0,1,3,3,4,3
10 1,1,0,1,0,0,1,5,5,3,3
11 1,0,1,1,0,0,1,4,4,2,3
12 1,0,1,1,1,0,0,4,4,4,3
13 1,1,0,1,0,1,0,3,4,2,3
14 1,1,0,1,0,0,1,3,2,2,4
15 1,0,1,1,0,0,1,4,2,4,2
16 1,0,1,1,0,0,1,4,4,5,4
17 1,0,1,1,0,1,0,4,4,5,3
18 1,0,1,1,0,1,0,3,2,4,1
19 1,0,1,1,0,0,1,4,2,4,3
20
```

## 3. Analyse Factorielle des Correspondances Multiples (AFCM)

### 3.1. Présentation de la méthode AFCM

L'AFCM est une méthode d'analyse exploratoire qui permet d'étudier les relations entre plusieurs variables qualitatives. Elle est utile pour visualiser les associations entre les modalités et les individus dans un espace à faible dimension. Cette technique est particulièrement adaptée aux enquêtes où les réponses sont catégoriques.

### 3.2. Application de l'AFCM aux données

L'analyse a été réalisée sur les données disjonctives. Les variables ont d'abord été converties en facteurs pour assurer une prise en charge correcte par l'algorithme. Les résultats principaux incluent :

- **Positions des individus** dans l'espace factoriel, mettant en évidence les similarités entre eux selon leurs réponses.

- **Contribution des catégories** des variables aux axes principaux, révélant quelles modalités influencent le plus les dimensions.

```
> # Étape 4 : Effectuer l'AFCM-----$
> data[] <- lapply(data, as.factor) # Convertir toutes les colonnes en facteu$
> res_mca <- MCA(data, graph = FALSE)
> summary(res_mca)
```

Call:  
MCA(X = data, graph = FALSE)

Eigenvalues

	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5	Dim.6	Dim.7
Variance	0.376	0.317	0.255	0.243	0.217	0.202	0.158
% of var.	16.702	14.067	11.325	10.803	9.625	8.960	7.014
Cumulative % of var.	16.702	30.769	42.093	52.897	62.522	71.481	78.495

	Dim.8	Dim.9	Dim.10	Dim.11	Dim.12	Dim.13	Dim.14
Variance	0.139	0.109	0.085	0.054	0.039	0.024	0.022
% of var.	6.193	4.827	3.762	2.404	1.712	1.074	0.971
Cumulative % of var.	84.688	89.515	93.277	95.681	97.393	98.467	99.438

	Dim.15	Dim.16	Dim.17
Variance	0.009	0.003	0.001
% of var.	0.408	0.114	0.040
Cumulative % of var.	99.846	99.960	100.000

Individuals (the 10 first)

	Dim.1	ctr	cos2	Dim.2	ctr	cos2
1	0.518	3.964	0.116	-0.695	8.467	0.209
2	1.371	27.777	0.355	1.632	46.774	0.503
3	0.076	0.086	0.002	-0.915	14.689	0.236
4	-0.671	6.659	0.280	0.288	1.461	0.052
5	0.550	4.467	0.079	0.255	1.139	0.017
6	-0.169	0.423	0.024	-0.080	0.112	0.005
7	-1.007	14.979	0.384	0.588	6.066	0.131
8	0.285	1.201	0.043	-0.348	2.122	0.063
9	-1.459	31.485	0.511	0.438	3.360	0.046
10	-0.089	0.117	0.008	0.062	0.067	0.004

	Dim.3	ctr	cos2
1	0.656	9.370	0.186
2	0.739	11.898	0.103
3	0.504	5.546	0.072

Categories (the 10 first)

	Dim.1	ctr	cos2	v.test	Dim.2	ctr
Entre 18 et 23 ans	0.000	0.000	Inf	Inf	0.000	0.000
Féminin	-1.029	9.779	0.407	-2.631	0.315	1.089
Masculin	0.396	3.761	0.407	2.631	-0.121	0.419
Étudiant	0.000	0.000	Inf	-Inf	0.000	0.000
Fréquemment	1.203	8.025	0.290	2.218	1.300	11.123
Occasionnellement	0.256	0.729	0.033	0.748	-0.742	7.252
Rarement	-0.572	5.442	0.327	-2.358	0.062	0.075
Facilite_Utilisation_note_1	0.897	1.486	0.047	0.897	0.453	0.450
Facilite_Utilisation_note_2	0.124	0.029	0.001	0.124	-1.626	5.801
Facilite_Utilisation_note_3	0.768	6.536	0.295	2.238	-0.181	0.431

	cos2	v.test	Dim.3	ctr	cos2	v.test
Entre 18 et 23 ans	Inf	-Inf	0.000	0.000	Inf	-Inf
Féminin	0.038	0.806	0.394	2.112	0.060	1.007
Masculin	0.038	-0.806	-0.151	0.812	0.060	-1.007
Étudiant	Inf	-Inf	0.000	0.000	Inf	-Inf
Fréquemment	0.338	2.397	-0.603	2.971	0.073	-1.112
Occasionnellement	0.275	-2.164	0.565	5.222	0.160	1.647
Rarement	0.004	0.254	-0.176	0.758	0.031	-0.725
Facilite_Utilisation_note_1	0.012	0.453	-2.416	15.907	0.343	-2.416
Facilite_Utilisation_note_2	0.156	-1.626	0.999	2.720	0.059	0.999
Facilite_Utilisation_note_3	0.016	-0.527	0.750	9.204	0.281	2.187

Categorical variables (eta2)

	Dim.1	Dim.2	Dim.3
Age	0.000	0.000	0.000
Sexe	0.407	0.038	0.060
Statut	0.000	0.000	0.000
Freq_Utilisation	0.427	0.467	0.182
Facilite_Utilisation_note	0.709	0.263	0.709
Design_note	0.411	0.414	0.274
Contenu_note	0.626	0.566	0.287
UX_mobile_note	0.426	0.784	0.526

### 3.3. Analyse des valeurs propres

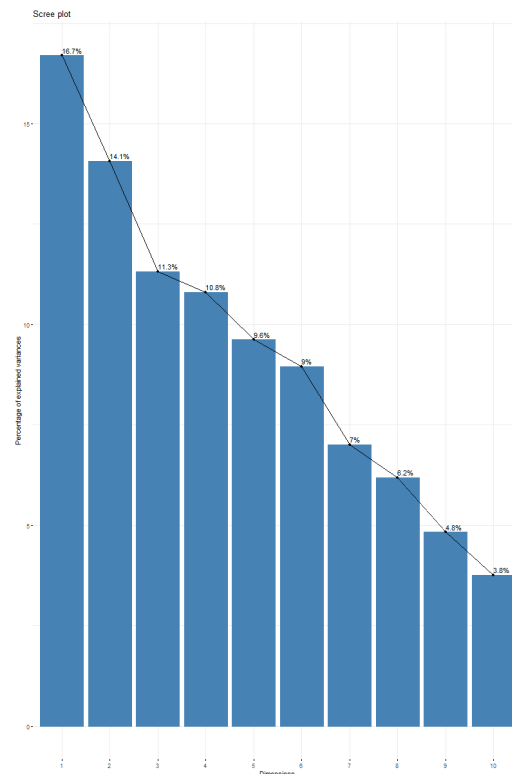
L'analyse des valeurs propres dans le cadre de l'Analyse Factorielle des Correspondances Multiples (AFCM) permet de déterminer l'importance relative de chaque dimension dans la capture de la variance des données. Dans les résultats obtenus, nous observons que les premières dimensions expliquent la majeure partie de l'inertie.

La première dimension (Dim.1) explique **16,7 %** de la variance, suivie par la deuxième (Dim.2) avec **14,1 %**, et la troisième (Dim.3) avec **11,3 %**. Cumulées, ces trois premières dimensions représentent **42,1 %** de l'inertie totale.

En continuant, la variance expliquée par chaque dimension diminue progressivement. Ainsi, après la huitième dimension (Dim.8), nous atteignons un **inertie cumulée de 84,7 %**, ce qui capture la majorité de l'information présente dans les données.

Afin de garantir une bonne représentation des données tout en conservant la simplicité de l'analyse, nous retenons les **8 premières dimensions**, qui expliquent ensemble **84,7 %** de la variance totale (**plus de 80%**). Cela permet d'assurer une représentation fidèle des relations entre les variables tout en minimisant la complexité du modèle.

Categories (the 10 first)									
	Dim.1	ctr	cos2	v.test	Dim.2	ctr			
Entre 18 et 23 ans	0.000	0.000	Inf	Inf	0.000	0.000			
Féminin	-1.029	9.779	0.407	-2.631	0.315	1.089			
Masculin	0.396	3.761	0.407	2.631	-0.121	0.419			
Étudiant	0.000	0.000	Inf	-Inf	0.000	0.000			
Fréquemment	1.203	8.025	0.290	2.218	1.300	11.123			
Occasionnellement	0.256	0.729	0.033	0.748	-0.742	7.252			
Rarement	-0.572	5.442	0.327	-2.358	0.062	0.075			
Facilite_Utilisation_note_1	0.897	1.486	0.047	0.897	0.453	0.450			
Facilite_Utilisation_note_2	0.124	0.029	0.001	0.124	-1.626	5.801			
Facilite_Utilisation_note_3	0.768	6.536	0.295	2.238	-0.181	0.431			
	cos2	v.test	Dim.3	ctr	cos2	v.test			
Entre 18 et 23 ans	Inf	-Inf	0.000	0.000	Inf	-Inf			
Féminin	0.038	0.806	0.394	2.112	0.060	1.007			
Masculin	0.038	-0.806	-0.151	0.812	0.060	-1.007			
Étudiant	Inf	-Inf	0.000	0.000	Inf	-Inf			
Fréquemment	0.338	2.397	-0.603	2.971	0.073	-1.112			
Occasionnellement	0.275	-2.164	0.565	5.222	0.160	1.647			
Rarement	0.004	0.254	-0.176	0.758	0.031	-0.725			
Facilite_Utilisation_note_1	0.012	0.453	-2.416	15.907	0.343	-2.416			
Facilite_Utilisation_note_2	0.156	-1.626	0.999	2.720	0.059	0.999			
Facilite_Utilisation_note_3	0.016	-0.527	0.750	9.204	0.281	2.187			
Categorical variables (eta2)									
	Dim.1	Dim.2	Dim.3						
Age	0.000	0.000	0.000						
Sexe	0.407	0.038	0.060						
Statut	0.000	0.000	0.000						
Freq_Utilisation	0.427	0.467	0.182						
Facilite_Utilisation_note	0.709	0.263	0.709						
Design_note	0.411	0.414	0.274						
Contenu_note	0.626	0.566	0.287						
UX_mobile_note	0.426	0.784	0.526						



## 4. Interprétation des Résultats

### 4.1. Visualisation du biplot individus-variables

Le biplot permet de visualiser à la fois la position des individus et des variables sur les premiers axes principaux de l'AFCM.

- **Individus** : Chaque point représente un individu (réponse), et leur proximité indique des réponses similaires.
- **Variables** : Les vecteurs montrent l'influence des variables sur les dimensions. Les variables proches sont corrélées, tandis que celles éloignées sont opposées.



Ce graphique aide à comprendre les relations entre les individus et les variables, ainsi que l'impact de chaque variable dans les dimensions principales.

## 4.2. Étude des contributions des individus et des variables sur l'axe 1 et 2

### 4.2.1. Contributions individus

Les contributions des modalités ligne indiquent dans quelle mesure chaque individu (ligne) participe à la construction de chaque axe. Plus la contribution d'un individu est élevée pour un axe particulier, plus sa position sur cet axe est significative. Voici quelques observations clés basées sur les résultats des contributions des individus :

- **Individu 2** : La contribution est particulièrement élevée sur Dim 2, avec une valeur de 46.77. Cela suggère que cet individu joue un rôle central dans cette dimension, probablement en raison de la variance importante dans ses réponses.
- **Individus 9, 13, et 4** : Ces individus ont des contributions notables sur plusieurs dimensions, notamment sur Dim 1 et Dim 3. Cela peut refléter des profils qui se distinguent des autres.
- **Individu 3** : Sa contribution est proche de zéro sur certaines dimensions, ce qui signifie qu'il ou elle est moins influent(e) dans la construction de ces axes.

### 4.2.2. Contributions des variables

Les contributions des modalités colonne indiquent l'importance de chaque variable (colonne) dans la construction des axes. Plus une variable contribue à un axe, plus cet axe capture les relations entre cette variable et les autres. Voici les principaux résultats des contributions des variables sur les différents axes :

- **Féminin et Fréquemment** : Ces modalités contribuent fortement à Dim 1, avec des contributions respectivement de 9.77 et 8.02. Cela suggère que les variables liées au genre (féminin) et à la fréquence d'utilisation (fréquemment) sont importantes pour ce premier axe. Cela pourrait indiquer que les utilisateurs féminins et ceux avec une utilisation fréquente jouent un rôle central dans cette dimension.
- **Facilité d'utilisation** : Cette variable joue un rôle majeur pour plusieurs axes. Par exemple, la modalité **Facilite\_Utilisation\_note\_5** a une contribution de 14.95 sur Dim 1, ce qui montre que les utilisateurs qui trouvent l'outil très facile à utiliser sont fortement représentés dans cette dimension.
- **Design\_note\_5** et **Contenu\_note\_1** : Ces variables ont des contributions élevées sur Dim 1, ce qui suggère que l'appréciation du design et du contenu influence fortement cet axe.
- **UX\_mobile\_note\_2** et **UX\_mobile\_note\_5** : Ces modalités sont fortement associées à Dim 2, ce qui indique que cet axe sépare les individus qui évaluent positivement l'UX mobile par rapport à ceux qui ne sont pas aussi satisfaits.

### 4.2.3. Interprétation des axes

- **Dim 1** : Cet axe semble capturer la distinction entre les utilisateurs réguliers et ceux qui trouvent l'outil facile à utiliser. Les variables **Fréquemment** et **Facilite\_Utilisation\_note\_5** sont les plus contributives sur cet axe, ce qui suggère que cet axe différencie les utilisateurs ayant une fréquence élevée d'utilisation et une



évaluation positive de la facilité d'utilisation, d'une part, et ceux ayant une fréquence faible et une évaluation moins favorable, d'autre part.

- **Dim 2** : Cet axe semble être davantage associé à des facteurs liés à l'expérience utilisateur mobile et à la perception du design. Les variables **UX\_mobile\_note\_2** et **Design\_note\_5** y contribuent fortement, ce qui pourrait indiquer que cet axe différencie les individus qui apprécient particulièrement l'UX mobile et le design de ceux qui ne les trouvent pas aussi satisfaisants.
- **Dim 3** : Cet axe semble capturer des évaluations de la facilité d'utilisation avec une distinction entre les notes extrêmes (note faible et note élevée). Cela suggère que cet axe reflète la perception de l'outil en termes de facilité d'utilisation, en particulier pour les utilisateurs qui lui attribuent des notes faibles ou très positives.

### 4.3. Associations entre modalités

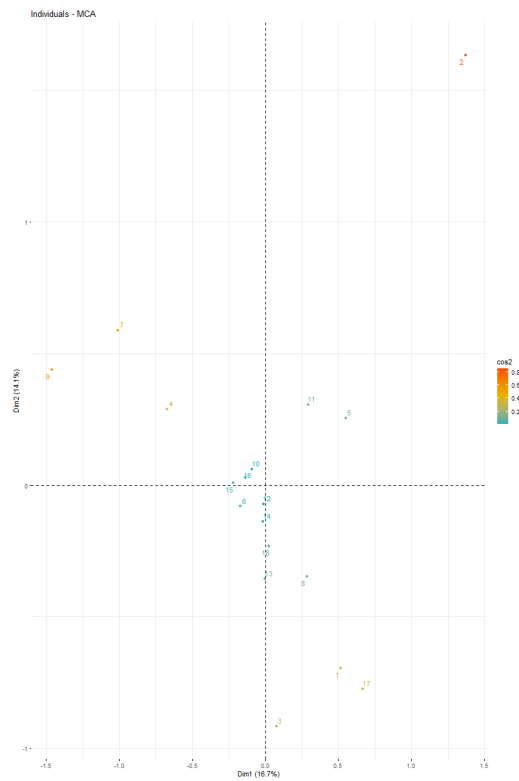
L'étude des associations entre les modalités des variables catégorielles dans une analyse factorielle des correspondances multiples (AFCM) permet de mieux comprendre comment les modalités des variables interagissent entre elles et comment elles influencent les axes principaux.

#### Interprétation des associations entre modalités :

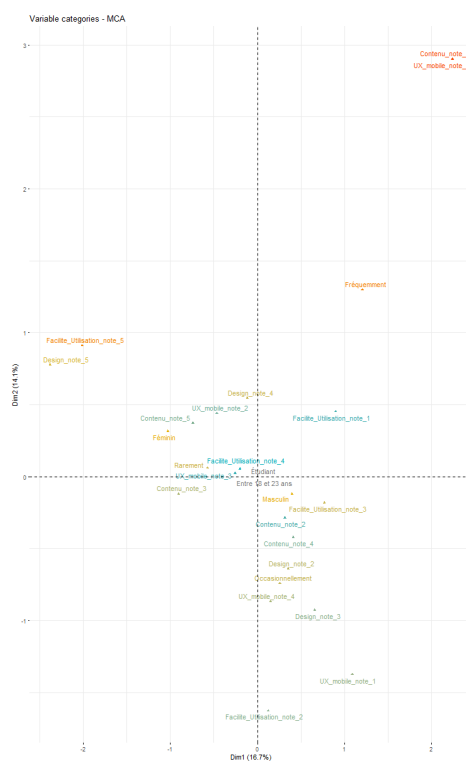
- **Variables catégorielles** : L'AFCM permet de visualiser les relations entre les différentes modalités des variables catégorielles. Par exemple, des variables comme **Sexe**, **Fréquence d'utilisation** ou **Note sur la facilité d'utilisation** peuvent montrer des associations fortes entre leurs modalités respectives.
- **Modalités proches** : Les modalités qui se retrouvent proches sur le plan factoriel (biplot des modalités) sont considérées comme étant fortement associées. Par exemple, une association peut être observée entre la modalité **Fréquemment** et des notes élevées de **Facilité d'utilisation**.
- **Test de Khi-deux (v.test)** : Ce test mesure l'association entre deux modalités. Par exemple, un test **v.test** élevé, comme pour la modalité **Fréquemment** sur l'axe **Dim.1 (v.test = 2.218)**, indique une forte association entre cette modalité et la première dimension.

## 5. Visualisations Supplémentaires

### 5.1. Visualisation du Contribution relative des individus



### 5.2. Visualisation du contribution relative des modalités



## 6. AFC entre Freq\_Utilisation et UX\_mobile\_note

### 6.1. Tableau de contingence

Le tableau de contingence suivant représente la distribution conjointe des réponses des individus pour les deux questions : **Note du UX mobile** et **Fréquence d'utilisation**:

```
> # Étape 11 : Croiser 2 questions pour un tableau de contingence-----$
> # Utiliser UX_mobile_note et Freq_Utilisation pour le tableau de contingence
> table_contingence <- table(data$UX_mobile_note, data$Freq_Utilisation)
>
> # Renommer les modalités des lignes
> rownames(table_contingence) <- c(
+   "UX_mobile_note_1",
+   "UX_mobile_note_2",
+   "UX_mobile_note_3",
+   "UX_mobile_note_4",
+   "UX_mobile_note_5"
+ )
>
> # Afficher le tableau de contingence avec les nouveaux noms
> print("Tableau de contingence : UX_mobile_note vs Fréquence d'utilisation (a$
[1] "Tableau de contingence : UX_mobile_note vs Fréquence d'utilisation (avec noms personnalisés)"
> print(table_contingence)
```

	Fréquemment	Occasionnellement	Rarement
UX_mobile_note_1	0	1	0
UX_mobile_note_2	1	0	3
UX_mobile_note_3	1	3	4
UX_mobile_note_4	0	2	2
UX_mobile_note_5	1	0	0

```
> []
```

## 6.2. Résultats de l'AFC

```
> # Étape 12 : Effectuer une AFC sur le tableau de contingence-----$
> res_ca <- CA(table_contingence, graph = FALSE)
> summary(res_ca)

Call:
CA(X = table_contingence, graph = FALSE)

The chi square of independence between the two variables is equal to 10.125 (p-value = 0.256362 ).

Eigenvalues
          Dim.1  Dim.2
Variance    0.396  0.167
% of var.    70.370 29.630
Cumulative % of var. 70.370 100.000

Rows
      Iner*1000  Dim.1  ctr  cos2  Dim.2  ctr
UX_mobile_note_1 | 111.111 | -1.000 14.035 0.500 | 1.000 33.333
UX_mobile_note_2 | 111.111 |  0.500 14.035 0.500 | -0.500 33.333
UX_mobile_note_3 |  6.944 | -0.125  1.754 1.000 |  0.000  0.000
UX_mobile_note_4 | 55.556 | -0.500 14.035 1.000 |  0.000  0.000
UX_mobile_note_5 | 277.778 |  2.000 56.140 0.800 |  1.000 33.333
      cos2
UX_mobile_note_1 0.500 |
UX_mobile_note_2 0.500 |
UX_mobile_note_3 0.000 |
UX_mobile_note_4 0.000 |
UX_mobile_note_5 0.200 |

Columns
      Iner*1000  Dim.1  ctr  cos2  Dim.2  ctr
Fréquemment    | 291.667 |  1.258 66.667 0.905 |  0.408 16.667
Occasionnellement | 187.500 | -0.629 33.333 0.704 |  0.408 33.333
Rarement        |  83.333 |  0.000  0.000 0.000 | -0.408 50.000
      cos2
Fréquemment     0.095 |
Occasionnellement 0.296 |
Rarement         1.000 |
> []
```

L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a été effectuée sur le tableau de contingence croisant les variables **UX\_mobile\_note** et **Freq\_Utilisation**. Voici les résultats principaux :

### 6.2.1. Test du Khi-Carré

Le test du chi carré d'indépendance entre les deux variables donne une valeur de **10.125** avec une **p-value** de **0.256362**, ce qui suggère que, bien que les variables semblent être liées, cette relation n'est pas statistiquement significative au niveau de 5% (p-value > 0.05).

### 6.2.2. Valeurs Propres

- **Dimension 1 (Dim.1)** : Explique **70.37%** de la variance totale.
- **Dimension 2 (Dim.2)** : Explique **29.63%** de la variance totale.

Les deux premières dimensions expliquent ensemble **100%** de la variance des données.

### 6.2.3. Contributions absolues des Lignes

Les modalités des lignes **UX\_mobile\_note** contribuent différemment à chaque dimension:

- **UX\_mobile\_note\_1** et **UX\_mobile\_note\_2** montrent une forte contribution à la **dimension 1**.
- **UX\_mobile\_note\_5** est fortement influencé par la **dimension 1** et montre également une contribution notable à la **dimension 2**.
- Les modalités **UX\_mobile\_note\_3** et **UX\_mobile\_note\_4** ont des contributions faibles et sont mal représentées dans les deux dimensions.

### 6.2.4. Contributions absolues des Colonnes

Les modalités des colonnes **Fréquemment**, **Occasionnellement**, et **Rarement** montrent aussi des contributions différentes :

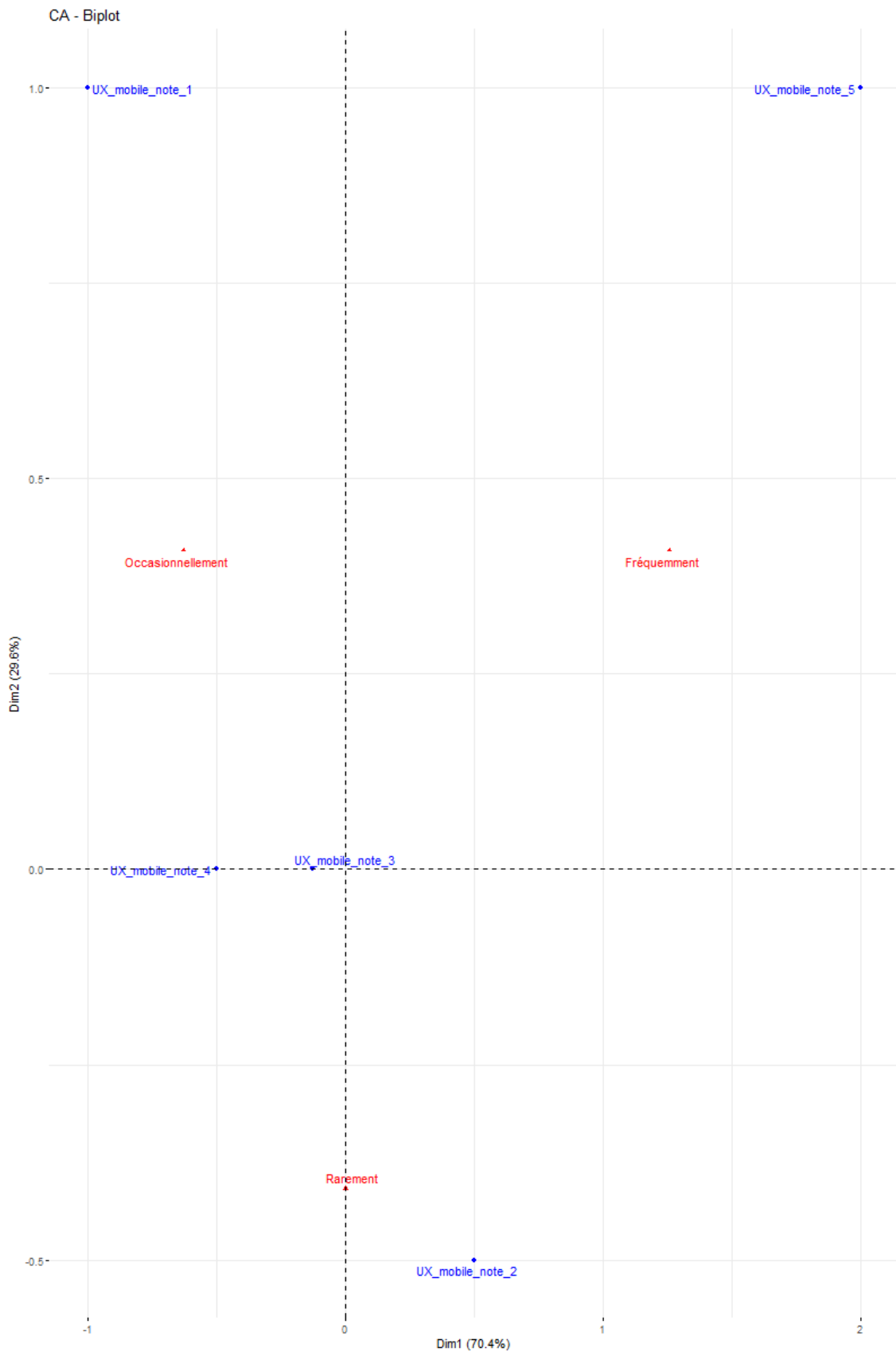
- **Fréquemment** est très bien représentée par la **dimension 1**.
- **Occasionnellement** et **Rarement** montrent une plus grande représentation dans la **dimension 2**, en particulier **Rarement**, qui est fortement associé à cette dimension ( $\cos^2 = 1$ ).

### 6.2.5. Contributions relatives (Cos2)

Le **cos2** mesure la qualité de la représentation d'une modalité dans chaque dimension :

- **Fréquemment** et **Occasionnellement** sont bien représentées dans la **dimension 1** et **dimension 2** respectivement.
- **Rarement** est parfaitement représentée dans la **dimension 2**.
- Les modalités des lignes, en particulier **UX\_mobile\_note\_3** et **UX\_mobile\_note\_4**, montrent une faible représentation dans les dimensions.

## 6.3. Visualisation et Interprétation



## Interprétation

Les résultats indiquent que les modalités des variables **UX\_mobile\_note** et **Freq\_Utilisation** sont partiellement associées, mais cette association est faible d'un point de vue statistique. Les modalités de **UX\_mobile\_note** et de **Freq\_Utilisation** sont réparties sur deux dimensions principales, avec des contributions inégales entre les modalités des lignes et des colonnes.

Les modalités de **UX\_mobile\_note\_5** et **Fréquemment** montrent les associations les plus fortes dans l'espace factoriel, tandis que certaines modalités comme **UX\_mobile\_note\_3** sont moins bien représentées et peuvent nécessiter une réévaluation pour mieux comprendre leur relation avec la fréquence d'utilisation.

Ces résultats fournissent des insights pour une analyse plus approfondie des facteurs influençant la fréquence d'utilisation en fonction des notes UX mobiles.