

TP1 - Exercice 2

Taniel Rémi

16/09/2019

Importation et visualisation des données

On commence par importer les données dans la variable data grâce à la fonction suivante :

```
data <- read.table("/home/remi/Documents/Cours/AD/data/notes.csv", sep = ";", dec = ",", header = TRUE)
```

On obtient 27 observations pour 15 variables différentes, on se propose d'étudier alors le type de ces variables :

```
str(data)

## 'data.frame': 27 obs. of 15 variables:
## $ eleves: Factor w/ 27 levels "EL01","EL02",...: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...
## $ ORTH : num 13 6.5 14 13 15 5 12 8.5 15.5 20 ...
## $ GRAM : num 10 8 6.5 7.5 7.5 8 6.5 2.5 7.5 14.5 ...
## $ EXPR : num 2 8.5 8 9 10 5.5 9 9 12.5 16.5 ...
## $ RECI : num 4 14 5 5 14 6.5 16 13 16 10 ...
## $ MATH : num 9 13 11 10 12 16 18 12 15 18 ...
## $ ANGL : num 9 7 8 10.5 11 12 13.5 9.5 13 16.5 ...
## $ HIST : num 8 11 9.5 10 9 9 9 12 12 15 ...
## $ BIOL : num 7 8.5 8 16 11 7 10 13.5 13.5 10.5 ...
## $ EDMU : num 7.5 16 18.5 16 16.5 13.5 15 16.5 17 18 ...
## $ ARTS : num 1.5 4 9.5 11.5 13.5 5 11 8 14 13.5 ...
## $ TECH : int 14 18 14 0 16 16 16 13 15 12 ...
## $ EPS : num 10 18 16.5 11.5 13 12.5 13.5 12 16 14.5 ...
## $ GEO : num 10.5 16 14 15 15.5 ...
## $ EXPO : num 13 15 13 18 17 17.5 18 17 17 15 ...
```

On remarque qu'à part la première colonne qui est le numéro de l'élève, toutes les autres variables sont quantitatives, et représente la moyenne dans chaque matière de chaque élève.

On décide de reformater les données pour donner des identifiants de lignes à nos données, dans notre cas on prendra le numéro de l'élèves en question :

```
rownames(data) <- data$eleves
data <- data[,-1]
```

Notre jeu de variable devient alors :

```
head(data)

##      ORTH GRAM EXPR RECI MATH ANGL HIST BIOL EDMU ARTS TECH EPS  GEO
## EL01 13.0 10.0  2.0  4.0    9  9.0  8.0  7.0  7.5  1.5  14 10.0 10.50
## EL02  6.5  8.0  8.5 14.0   13  7.0 11.0  8.5 16.0  4.0  18 18.0 16.00
## EL03 14.0  6.5  8.0  5.0   11  8.0  9.5  8.0 18.5  9.5  14 16.5 14.00
## EL04 13.0  7.5  9.0  5.0   10 10.5 10.0 16.0 16.0 11.5   0 11.5 15.00
## EL05 15.0  7.5 10.0 14.0   12 11.0  9.0 11.0 16.5 13.5  16 13.0 15.51
## EL06  5.0  8.0  5.5  6.5   16 12.0  9.0  7.0 13.5  5.0  16 12.5 13.00
##      EXPO
## EL01 13.0
## EL02 15.0
```

```
## EL03 13.0
## EL04 18.0
## EL05 17.0
## EL06 17.5
```

Analyse

Pour réaliser l'ACP et les prochaines questions, nous allons avoir besoin des librairies suivantes :

Question 1 : ACP

On réalise l'ACP grâce à la fonction suivante :

```
data.pca <- FactoMineR::PCA(data, scale.unit = TRUE, ncp = 6, graph = FALSE)
```

On décide de ne pas afficher les informations ni les graphes, nous les utiliserons dans les questions suivantes.

Question 2 : Tableau des statistiques sommaires

La tableau des statistiques sommaires est obtenu par la fonction :

```
summary(data)
```

```
##          ORTH          GRAM          EXPR          RECI
## Min.    : 0.00   Min.    : 2.000   Min.    : 2.000   Min.    : 4.00
## 1st Qu.: 5.75   1st Qu.: 6.500   1st Qu.: 7.500   1st Qu.: 6.50
## Median :11.00   Median : 7.500   Median : 9.000   Median :10.00
## Mean    :10.02   Mean    : 7.556   Mean    : 8.889   Mean    :10.07
## 3rd Qu.:14.00   3rd Qu.: 8.500   3rd Qu.:10.500   3rd Qu.:12.50
## Max.    :20.00   Max.    :14.500   Max.    :16.500   Max.    :16.00
##          MATH          ANGL          HIST          BIOL
## Min.    : 8.00   Min.    : 3.00   Min.    : 5.000   Min.    : 2.000
## 1st Qu.:10.00   1st Qu.: 8.75   1st Qu.: 7.750   1st Qu.: 7.000
## Median :12.00   Median :11.00   Median : 9.000   Median :10.000
## Mean    :12.57   Mean    :10.93   Mean    : 9.204   Mean    : 9.593
## 3rd Qu.:14.50   3rd Qu.:12.75   3rd Qu.:11.000   3rd Qu.:12.000
## Max.    :18.00   Max.    :17.00   Max.    :15.000   Max.    :17.000
##          EDMU          ARTS          TECH          EPS
## Min.    : 7.00   Min.    : 1.500   Min.    : 0.00   Min.    : 5.00
## 1st Qu.:13.75   1st Qu.: 6.750   1st Qu.:11.50   1st Qu.:11.00
## Median :16.00   Median : 9.000   Median :14.00   Median :13.50
## Mean    :15.20   Mean    : 9.019   Mean    :12.63   Mean    :13.07
## 3rd Qu.:17.50   3rd Qu.:12.500   3rd Qu.:16.00   3rd Qu.:15.25
## Max.    :19.00   Max.    :14.500   Max.    :18.00   Max.    :18.50
##          GEO          EXPO
## Min.    : 0.00   Min.    : 0.00
## 1st Qu.:13.00   1st Qu.:13.50
## Median :14.00   Median :15.00
## Mean    :13.80   Mean    :14.48
## 3rd Qu.:15.25   3rd Qu.:17.00
## Max.    :18.00   Max.    :18.00
```

Grâce à ce tableau, nous pouvons déduire les renseignements suivants : - En grammaire (variable GRAM) 50% des élèves ont en dessous de 7,5, tandis que 50% des élèves ont plus de 15 de moyenne en exposé (variable EXPO). - En orthographe (ORTH), les notes sont très hétérogènes (minimum 0 et maximum 20 de moyenne),

comme en technologie (TECH) ou en géographie (GEO). - Généralement la moyenne dans ces matières est supérieure à 10.

Question 3 : Coefficient de corrélation

Pour obtenir les différents coefficients de corrélation entre les variables de notre jeu de données, on utilise la fonction `rcorr` de la librairie `Hmisc` :

```
Hmisc::rcorr(as.matrix(data))
```

```
##      ORTH  GRAM EXPR  RECI  MATH  ANGL  HIST  BIOL EDMU  ARTS  TECH  EPS
## ORTH  1.00  0.53 0.51 -0.07  0.38  0.65  0.54  0.35 0.18  0.31 -0.29 -0.04
## GRAM  0.53  1.00 0.35 -0.10  0.34  0.40  0.30 -0.02 0.21  0.15 -0.17 -0.09
## EXPR  0.51  0.35 1.00  0.24  0.59  0.54  0.59  0.40 0.63  0.72  0.00  0.03
## RECI -0.07 -0.10 0.24  1.00  0.18 -0.04 -0.06  0.13 0.41  0.32  0.34  0.24
## MATH  0.38  0.34 0.59  0.18  1.00  0.70  0.64  0.12 0.28  0.37  0.21 -0.06
## ANGL  0.65  0.40 0.54 -0.04  0.70  1.00  0.59  0.17 0.00  0.29 -0.23 -0.27
## HIST  0.54  0.30 0.59 -0.06  0.64  0.59  1.00  0.26 0.22  0.26 -0.01  0.07
## BIOL  0.35 -0.02 0.40  0.13  0.12  0.17  0.26  1.00 0.46  0.58 -0.17  0.10
## EDMU  0.18  0.21 0.63  0.41  0.28  0.00  0.22  0.46 1.00  0.70  0.18  0.29
## ARTS  0.31  0.15 0.72  0.32  0.37  0.29  0.26  0.58 0.70  1.00 -0.05  0.07
## TECH -0.29 -0.17 0.00  0.34  0.21 -0.23 -0.01 -0.17 0.18 -0.05  1.00  0.07
## EPS -0.04 -0.09 0.03  0.24 -0.06 -0.27  0.07  0.10 0.29  0.07  0.07  1.00
## GEO  0.16 -0.07 0.39 -0.11  0.33  0.13  0.33  0.46 0.32  0.24  0.15  0.35
## EXPO 0.14  0.05 0.31  0.33  0.41  0.25  0.26  0.56 0.43  0.57  0.29 -0.22
##      GEO  EXPO
## ORTH  0.16  0.14
## GRAM -0.07  0.05
## EXPR  0.39  0.31
## RECI -0.11  0.33
## MATH  0.33  0.41
## ANGL  0.13  0.25
## HIST  0.33  0.26
## BIOL  0.46  0.56
## EDMU  0.32  0.43
## ARTS  0.24  0.57
## TECH  0.15  0.29
## EPS  0.35 -0.22
## GEO  1.00  0.09
## EXPO  0.09  1.00
##
## n= 27
##
##
## P
##      ORTH  GRAM  EXPR  RECI  MATH  ANGL  HIST  BIOL  EDMU  ARTS
## ORTH      0.0043 0.0063 0.7442 0.0523 0.0002 0.0033 0.0732 0.3599 0.1188
## GRAM 0.0043      0.0700 0.6056 0.0816 0.0368 0.1351 0.9195 0.3046 0.4699
## EXPR 0.0063 0.0700      0.2356 0.0012 0.0038 0.0012 0.0378 0.0004 0.0000
## RECI 0.7442 0.6056 0.2356      0.3675 0.8375 0.7753 0.5032 0.0329 0.0982
## MATH 0.0523 0.0816 0.0012 0.3675      0.0000 0.0003 0.5562 0.1643 0.0566
## ANGL 0.0002 0.0368 0.0038 0.8375 0.0000      0.0011 0.3922 0.9837 0.1468
## HIST 0.0033 0.1351 0.0012 0.7753 0.0003 0.0011      0.1915 0.2673 0.1875
## BIOL 0.0732 0.9195 0.0378 0.5032 0.5562 0.3922 0.1915      0.0169 0.0014
## EDMU 0.3599 0.3046 0.0004 0.0329 0.1643 0.9837 0.2673 0.0169      0.0000
```

```
## ARTS 0.1188 0.4699 0.0000 0.0982 0.0566 0.1468 0.1875 0.0014 0.0000
## TECH 0.1371 0.4072 0.9857 0.0819 0.2933 0.2568 0.9418 0.4107 0.3798 0.7893
## EPS 0.8445 0.6384 0.8961 0.2350 0.7653 0.1676 0.7387 0.6266 0.1389 0.7454
## GEO 0.4182 0.7221 0.0415 0.5819 0.0968 0.5041 0.0939 0.0151 0.1014 0.2287
## EXPO 0.4777 0.7937 0.1099 0.0929 0.0332 0.2018 0.1931 0.0023 0.0241 0.0019
##      TECH    EPS    GEO    EXPO
## ORTH 0.1371 0.8445 0.4182 0.4777
## GRAM 0.4072 0.6384 0.7221 0.7937
## EXPR 0.9857 0.8961 0.0415 0.1099
## RECI 0.0819 0.2350 0.5819 0.0929
## MATH 0.2933 0.7653 0.0968 0.0332
## ANGL 0.2568 0.1676 0.5041 0.2018
## HIST 0.9418 0.7387 0.0939 0.1931
## BIOL 0.4107 0.6266 0.0151 0.0023
## EDMU 0.3798 0.1389 0.1014 0.0241
## ARTS 0.7893 0.7454 0.2287 0.0019
## TECH          0.7298 0.4414 0.1441
## EPS 0.7298          0.0761 0.2737
## GEO 0.4414 0.0761          0.6395
## EXPO 0.1441 0.2737 0.6395
```

Question 4 : Nombre de composantes principales à retenir

On obtient les valeurs propres grâce à la variable :

```
data.pca$eig
```

```
##      eigenvalue percentage of variance
## comp 1  4.77570045             34.1121461
## comp 2  2.39238450             17.0884607
## comp 3  1.49934217             10.7095870
## comp 4  1.34084173              9.5774409
## comp 5  1.12670192              8.0478709
## comp 6  0.72038480              5.1456057
## comp 7  0.59919071              4.2799337
## comp 8  0.42748490              3.0534636
## comp 9  0.39040787              2.7886277
## comp 10 0.25931678              1.8522627
## comp 11 0.18210022              1.3007158
## comp 12 0.12552548              0.8966105
## comp 13 0.09728799              0.6949142
## comp 14 0.06333049              0.4523606
##      cumulative percentage of variance
## comp 1             34.11215
## comp 2             51.20061
## comp 3             61.91019
## comp 4             71.48763
## comp 5             79.53551
## comp 6             84.68111
## comp 7             88.96104
## comp 8             92.01451
## comp 9             94.80314
## comp 10            96.65540
## comp 11            97.95611
## comp 12            98.85273
```

```
## comp 13          99.54764
## comp 14          100.00000
```

Il y a 3 critères pour déterminer le nombre d'axes à retenir :

- La part d'inertie cumulée supérieure à 80%
- La comparaison avec la moyenne
- La règle du coude (ou règle de Kaiser)

Nous allons pour chacun de ces critères, déterminer le nombre de composantes principales à retenir.

Part d'inertie cumulée

Pour ce critère, nous devons additionner les valeurs propres des axes jusqu'à obtenir un pourcentage cumulé supérieur à 80%, grâce au tableau au dessus, nous pouvons retenir les 6 premières composantes qui à elles seules représentent un peu plus 84% de l'information totale.

Comparaison avec la moyenne

On commence par calculer la moyenne des pourcentages des valeurs propres, obtenu grâce à :

```
mean(data.pca$eig[,2])
```

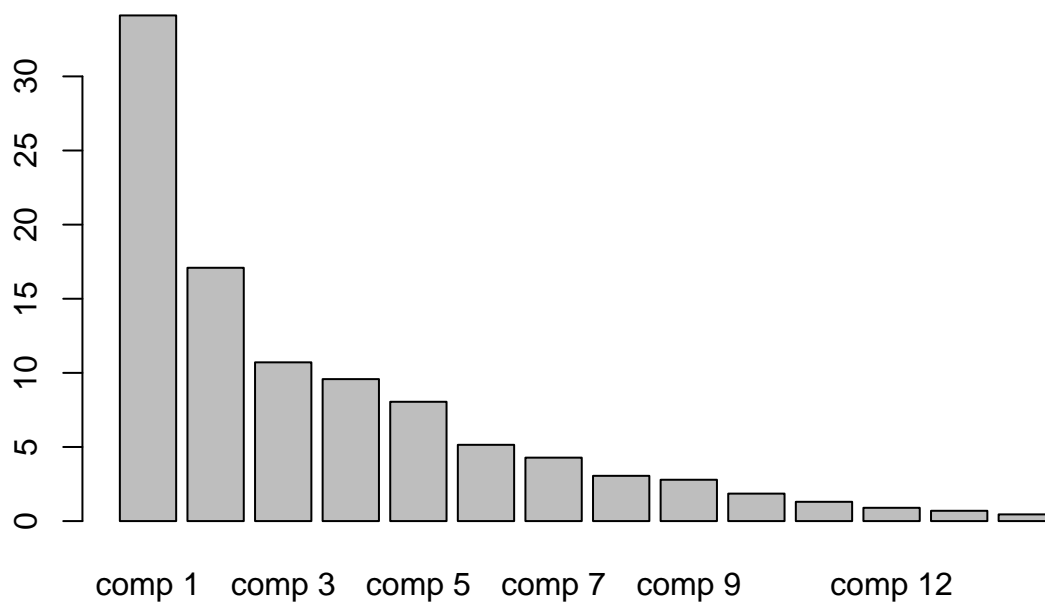
```
## [1] 7.142857
```

On retient les composantes principales dont le pourcentage est supérieur à cette moyenne, c'est à dire que nous pouvons retenir les 5 premières composantes principales en utilisant ce critère.

Critère de coude

Pour utiliser ce critère, nous devons d'abord tracer le graphique suivant :

```
barplot(data.pca$eig[,2])
```



Selon le critère du coude, nous pouvons retenir 3 composantes principales.

Conclusion

On retiens donc 5 composantes principales pour notre analyse.

Question 5 : Interprétation des 3 premiers axes par rapport aux disciplines

On recupère les données des disciplines sur les différents axes grâce à la variable :

```
data.pca$var
```

```
## $coord
##      Dim.1      Dim.2      Dim.3      Dim.4      Dim.5
## ORTH 0.650378590 -0.49271901  0.173647652 -0.10480943  0.14895341
## GRAM 0.417388795 -0.48575680 -0.071743415 -0.01051370  0.50581332
## EXPR 0.874166811  0.01540502  0.046797227  0.04371614  0.14884945
## RECI 0.247299110  0.59505913 -0.371423503  0.02016356  0.39197929
## MATH 0.733273680 -0.17286351 -0.306912714  0.42772948 -0.08498142
## ANGL 0.660960956 -0.58211516 -0.178752583  0.06388966 -0.09975141
## HIST 0.698144175 -0.30880357  0.072665513  0.34374243 -0.12739816
## BIOL 0.598226171  0.29312427  0.324794825 -0.44434410 -0.34799317
## EDMU 0.644856795  0.53510937  0.097359762 -0.09289748  0.29956935
## ARTS 0.758076081  0.33115891  0.006050377 -0.36129256  0.08037631
## TECH 0.009501976  0.51511927 -0.466209076  0.56544225 -0.12534130
## EPS  0.043328615  0.43201931  0.601812160  0.37873765  0.35484197
## GEO  0.447322427  0.22075833  0.540616973  0.38354653 -0.41420069
```

```

## EXPO 0.583734627 0.33551118 -0.453503335 -0.27451089 -0.33011273
##          Dim.6
## ORTH 0.08838310
## GRAM -0.44518048
## EXPR -0.05330594
## RECI 0.44483606
## MATH 0.07701079
## ANGL 0.26335740
## HIST 0.13551033
## BIOL 0.05707330
## EDMU -0.26901889
## ARTS -0.02499440
## TECH -0.25414480
## EPS 0.21985650
## GEO -0.16485812
## EXPO -0.06048296
##
## $cor
##          Dim.1          Dim.2          Dim.3          Dim.4          Dim.5
## ORTH 0.650378590 -0.49271901 0.173647652 -0.10480943 0.14895341
## GRAM 0.417388795 -0.48575680 -0.071743415 -0.01051370 0.50581332
## EXPR 0.874166811 0.01540502 0.046797227 0.04371614 0.14884945
## RECI 0.247299110 0.59505913 -0.371423503 0.02016356 0.39197929
## MATH 0.733273680 -0.17286351 -0.306912714 0.42772948 -0.08498142
## ANGL 0.660960956 -0.58211516 -0.178752583 0.06388966 -0.09975141
## HIST 0.698144175 -0.30880357 0.072665513 0.34374243 -0.12739816
## BIOL 0.598226171 0.29312427 0.324794825 -0.44434410 -0.34799317
## EDMU 0.644856795 0.53510937 0.097359762 -0.09289748 0.29956935
## ARTS 0.758076081 0.33115891 0.006050377 -0.36129256 0.08037631
## TECH 0.009501976 0.51511927 -0.466209076 0.56544225 -0.12534130
## EPS 0.043328615 0.43201931 0.601812160 0.37873765 0.35484197
## GEO 0.447322427 0.22075833 0.540616973 0.38354653 -0.41420069
## EXPO 0.583734627 0.33551118 -0.453503335 -0.27451089 -0.33011273
##          Dim.6
## ORTH 0.08838310
## GRAM -0.44518048
## EXPR -0.05330594
## RECI 0.44483606
## MATH 0.07701079
## ANGL 0.26335740
## HIST 0.13551033
## BIOL 0.05707330
## EDMU -0.26901889
## ARTS -0.02499440
## TECH -0.25414480
## EPS 0.21985650
## GEO -0.16485812
## EXPO -0.06048296
##
## $cos2
##          Dim.1          Dim.2          Dim.3          Dim.4          Dim.5
## ORTH 4.229923e-01 0.2427720217 3.015351e-02 0.0109850169 0.022187119
## GRAM 1.742134e-01 0.2359596680 5.147118e-03 0.0001105378 0.255847113
## EXPR 7.641676e-01 0.0002373146 2.189980e-03 0.0019111006 0.022156159

```

```

## RECI 6.115685e-02 0.3540953710 1.379554e-01 0.0004065693 0.153647766
## MATH 5.376903e-01 0.0298817942 9.419541e-02 0.1829525118 0.007221842
## ANGL 4.368694e-01 0.3388580549 3.195249e-02 0.0040818887 0.009950343
## HIST 4.874053e-01 0.0953596459 5.280277e-03 0.1181588583 0.016230290
## BIOL 3.578746e-01 0.0859218394 1.054917e-01 0.1974416771 0.121099246
## EDMU 4.158403e-01 0.2863420326 9.478923e-03 0.0086299409 0.089741798
## ARTS 5.746793e-01 0.1096662218 3.660706e-05 0.1305323137 0.006460351
## TECH 9.028755e-05 0.2653478631 2.173509e-01 0.3197249347 0.015710442
## EPS 1.877369e-03 0.1866406803 3.621779e-01 0.1434422081 0.125912825
## GEO 2.000974e-01 0.0487342381 2.922667e-01 0.1471079399 0.171562210
## EXPO 3.407461e-01 0.1125677514 2.056653e-01 0.0753562303 0.108974416
##
## Dim.6
## ORTH 0.0078115731
## GRAM 0.1981856560
## EXPR 0.0028415229
## RECI 0.1978791194
## MATH 0.0059306617
## ANGL 0.0693571217
## HIST 0.0183630508
## BIOL 0.0032573611
## EDMU 0.0723711628
## ARTS 0.0006247203
## TECH 0.0645895797
## EPS 0.0483368825
## GEO 0.0271781991
## EXPO 0.0036581890
##
## $contrib
## Dim.1 Dim.2 Dim.3 Dim.4 Dim.5
## ORTH 8.857178434 10.147700841 2.011115774 0.819262759 1.9692093
## GRAM 3.647913177 9.862949216 0.343291721 0.008243911 22.7076131
## EXPR 16.001163011 0.009919583 0.146062754 0.142529916 1.9664615
## RECI 1.280583878 14.800939040 9.201063052 0.030321946 13.6369489
## MATH 11.258878062 1.249038115 6.282449446 13.644601594 0.6409718
## ANGL 9.147755175 14.164029878 2.131100334 0.304427329 0.8831389
## HIST 10.205943479 3.985966555 0.352172894 8.812289759 1.4405132
## BIOL 7.493655757 3.591472838 7.035864125 14.725203802 10.7481175
## EDMU 8.707419780 11.968896845 0.632205474 0.643621144 7.9649991
## ARTS 12.033404324 4.583971428 0.002441541 9.735102286 0.5733860
## TECH 0.001890561 11.091355234 14.496417584 23.845091334 1.3943743
## EPS 0.039310859 7.801449997 24.155785266 10.697922436 11.1753449
## GEO 4.189905868 2.037057095 19.492996119 10.971312784 15.2269386
## EXPO 7.134997636 4.705253336 13.717033917 5.620069002 9.6719828
##
## Dim.6
## ORTH 1.08436118
## GRAM 27.51108242
## EXPR 0.39444515
## RECI 27.46853062
## MATH 0.82326303
## ANGL 9.62778805
## HIST 2.54906139
## BIOL 0.45216960
## EDMU 10.04618126
## ARTS 0.08672036

```


TECH 8.96598313
 ## EPS 6.70986985
 ## GEO 3.77273356
 ## EXPO 0.50781041

Dim 1. (34,11%)

Disciplines	Contribution	Qualité	Signe
EXPR	16.00	0.76	+
MATH	11.26	0.53	+
HIST	10.21	0.48	+
ART	12.03	0.57	+
ANGL	9.15	0.44	+
ORTH	8.86	0.43	+
EDMU	8.71	0.41	+
EXPO	7.14	0.34	+

Les disciplines retenus expliquent à elles seules 83.36% de l'information portée par la dimension 1, on remarque que sur cet axe, toutes les coordonnées des variables sont positives, cet axe n'oppose donc aucune variable.

Dim. 2 (17.09%)

Discipline	Contribution	Qualité	Signe
ORTH	10.14	0.24	-
GRAM	9.86	0.24	-
RECI	14.80	0.35	+
ANGL	14.16	0.34	-
EDMU	11.96	0.29	+
TECH	11.09	0.27	+
EPS	7.80	0.19	+

Les disciplines retenus expliquent 79.81% de l'information portée par la dimension 2, en regardant le signe des variables sur cet axe, nous pouvons dire que la dimension 2 oppose les matières récitation, education musicale, technologie et EPS aux matières orthographe, grammaire et anglais.

Dim. 3 (10.7%)

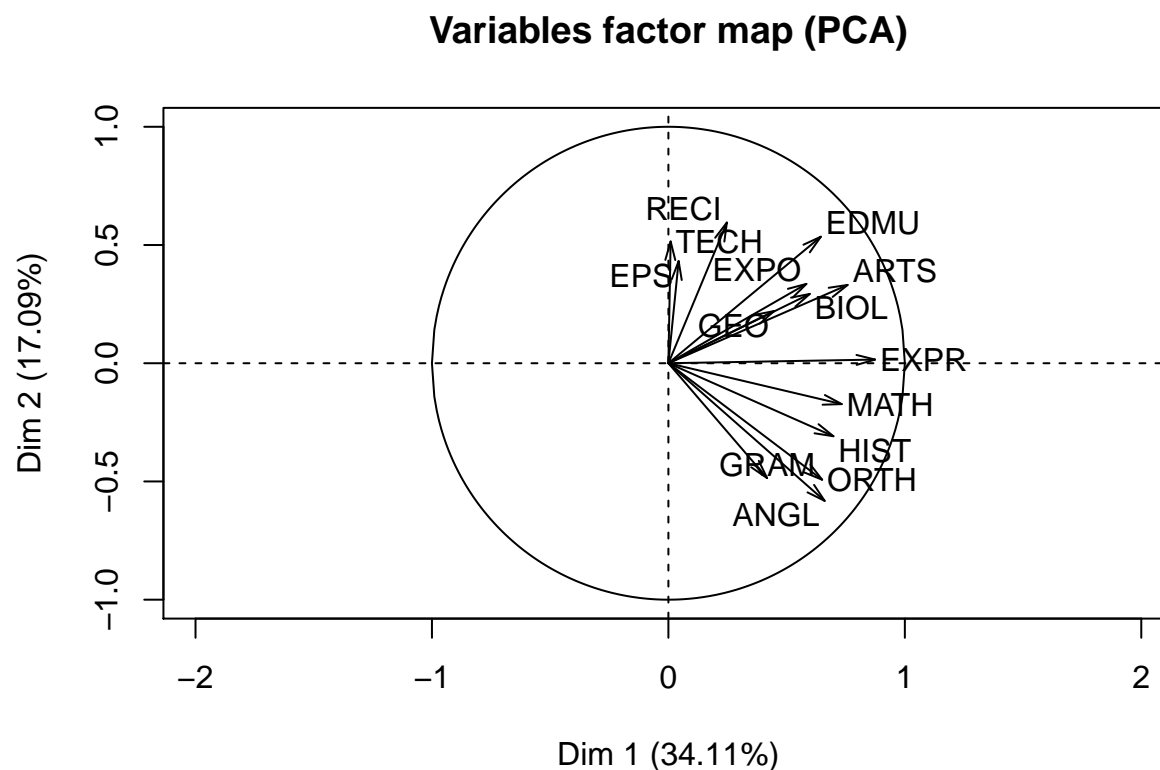
Disciplines	Contribution	Qualité	Signe
EPS	24.16	0.36	+
GEO	19.5	0.29	+
TECH	14.5	0.22	-
EXPO	13.72	0.21	-
RECI	9.20	0.14	-

Les disciplines retenus expliquent 81.08% de l'information portée par la dimension 3, cet axe met en opposition l'EPS et la géographie à la technologie, l'exposé et la récitation.

Question 6 : Cercle de corrélation

On obtient le cercle de corrélation avec la fonction `plot.PCA` dans la librairie `FactoMineR` :

```
FactoMineR::plot.PCA(data.pca, axes = c(1,2), choix = "var")
```



On remarque que suivant l'axe 1, toutes les variables sont positives, cet axe n'oppose aucune variable, elles sont toutes liées entre elles, si l'une de ces variables est grande, alors le reste des variables le sera aussi (mais faiblement dans le cas de la technologie ou l'EPS)

Les disciplines les mieux représentées dans ce plan sont les suivantes :

- l'éducation musicale
- l'expression écrite
- l'anglais
- l'orthographe

Question 7 : Interprétation

On peut déduire de ce phénomène que si un élève est plutôt bon dans une de ces matières, il sera également bon dans les autres, et inversement, si il a de mauvaises notes dans une de celles-ci, il est fortement probable qu'il en a des mauvaises dans les autres également.

Question 8 : Contribution de certains élèves

La contribution des élèves EL10 et EL12 par rapport aux axes factoriels 1 et 2 est donnée par :

```
data.pca$ind$contrib[c("EL10","EL12"),c("Dim.1","Dim.2")]
```

```
##          Dim.1      Dim.2
## EL10 18.58838 7.22537004
## EL12 20.98589 0.00230761
```

On remarque que les 2 élèves contribuent fortement au premier axe factoriel, tandis que seul l'élève EL10 contribue au deuxième axe factoriel. Nous pouvons interpréter ces résultats en disant que ces 2 élèves ont une bonne moyenne en expression écrite, en mathématiques, en biologie, en art plastique, en histoire. Tandis que seul l'élève EL10 a de bonne note en technologie, sport et récitation.

Question 9 : Explication des axes 1,2 et 3 par les élèves

La contribution des différents élèves sur les 3 premiers axes est donnée grâce à la variable suivante :

```
data.pca$ind$contrib[,c("Dim.1","Dim.2","Dim.3")]
```

```
##          Dim.1      Dim.2      Dim.3
## EL01 9.328905241 9.59126708 0.616515806
## EL02 0.125275069 3.96118861 0.258445075
## EL03 0.090900704 0.16283004 5.087265764
## EL04 0.565357272 1.30848854 9.031255314
## EL05 1.487781989 1.64284957 0.148851085
## EL06 0.707432497 0.57129277 3.707371169
## EL07 1.853709107 0.76715711 5.398964876
## EL08 0.112046826 2.41932985 0.013041174
## EL09 7.407644214 1.52394402 0.009609208
## EL10 18.588377979 7.22537004 0.003702659
## EL11 0.306502245 1.89876424 1.487091590
## EL12 20.985890664 0.00230761 2.387411364
## EL13 3.231582745 14.07178676 14.446330034
## EL14 0.043589696 0.38069178 0.008154061
## EL15 0.158993355 1.06053122 0.105021975
## EL16 0.008219267 6.63073046 0.008769846
## EL17 1.187170818 5.85814498 1.849005639
## EL18 0.293940859 1.67494396 3.919286109
## EL19 0.002322024 5.62257996 0.012798694
## EL20 2.054270051 0.03005751 4.669204845
## EL21 12.582779600 5.23836937 0.273267018
## EL22 1.781543769 5.83680752 1.427638803
## EL23 4.620411054 16.67349157 22.144458992
## EL24 11.219745959 0.10732552 15.428296052
## EL25 0.484483948 0.01002931 5.460474394
## EL26 0.057921681 5.00334513 1.027681671
## EL27 0.713201366 0.72637544 1.070086782
```

Pour la dimension 1, les élèves qui l'expliquent sont : 1,9,10,12,21,23,24 Pour la dimension 2, les élèves qui l'expliquent sont : 1,13,16,17,19,21,22,23,26 Pour la dimension 3, les élèves qui l'expliquent sont : 3,4,7,13,20,23,24,25

Question 10