

# TD1 - Analyse en composante Principale

MAF 2025-2026

## Avant-propos

Les TD et TP du cours MAF servent trois objectifs:

- Revenir sur certaines notions de cours pour mieux les appréhender
- donner des outils pratiques pour mettre en oeuvre les méthodes vues en cours,
- réfléchir à leur mise en oeuvre et leur application dans des cas concrets.

Il est donc fréquent que l'on fasse certaine partie avec peu d'outils (à la main) pour bien faire le lien avec les concets de cours, tandis que d'autres servent d'exemple pour illustrer comment dérouler une analyse sur un jeu de données en particulier.

## Faire le lien avec le cours

On s'intéresse à un jeu de données de 100 individus, pour lesquels on mesure 4 variables

- le poids en  $Kg$  (variable P )
- la taille en  $m$ ,
- la longueur de pas en  $cm$ ,
- la vitesse de marche en  $m.s^{-1}$ .

```
# A tibble: 4 x 3
  variable    moyenne variance
  <chr>      <dbl>     <dbl>
1 weight    68.8      153.
2 height     1.69       0.01
3 steplength 70.5       52.1
4 walkingspeed 1.35       0.02
```

1. Que peut-on dire de la dispersion le long de chacun des axes initiaux.

2. Combien vaut l'inertie projeté sur l'axe de vecteur directeur  $(1, 0, 0, 0)^\top$  ?
3. Combien vaut l'inertie projeté sur l'axe de vecteur directeur  $(0, 1, 0, 0)^\top$  ?

On note  $X$  de dimension  $100 \times 4$  la matrice des données centrées. Chaque individu a le même poids.

4. On souhaite utiliser la distance euclidienne puis réaliser une ACP. le cours indique qu'on diagonalise la matrice  $MVM$ . Indiquer ce que sont les matrices  $V$  et  $M$  impliquées.
5. On diagonalise la matrice  $MVM$  et on obtient les valeurs propres suivantes. Quelle est l'inertie portée par le premier plan principal, quel pourcentage de l'inertie totale ceci représente-t-il ? Pensez vous qu'on ait ainsi une bonne manière de représenter les données initiales en seulement deux dimensions ?

[1] 160.754 44.752 0.004 0.002

6. Quelle est l'inertie portée par l'axe de vecteur directeur  $(1, 0, 0, 0)^\top$  dans ce cas ?
7. Que deviennent les matrices  $V$  et  $M$  dans ce cas ?
8. Les valeurs propres de  $MVM$  sont données ci-dessous. Quelle est maintenant la part d'inertie représentée sur le premier axe principal, sur le premier plan principal.

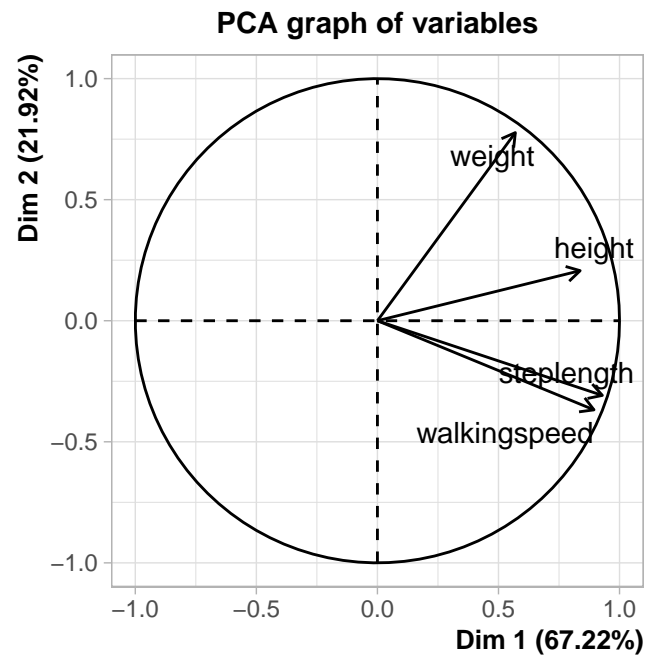
[1] 2.689 0.877 0.377 0.058

9. On utilise le package `FactoMineR` pour réaliser l'ACP. Peut on deviner quelle est la métrique utilisée par défaut ? Quelles sont les variables bien représentées ? Discuter du lien entre les variables.

```
walking_dta_pca <- PCA(walking_dta, graph = FALSE)
walking_dta_pca$eig
```

	eigenvalue	percentage of variance	cumulative percentage of variance
comp 1	2.68869333	67.217333	67.21733
comp 2	0.87687700	21.921925	89.13926
comp 3	0.37659068	9.414767	98.55403
comp 4	0.05783899	1.445975	100.00000

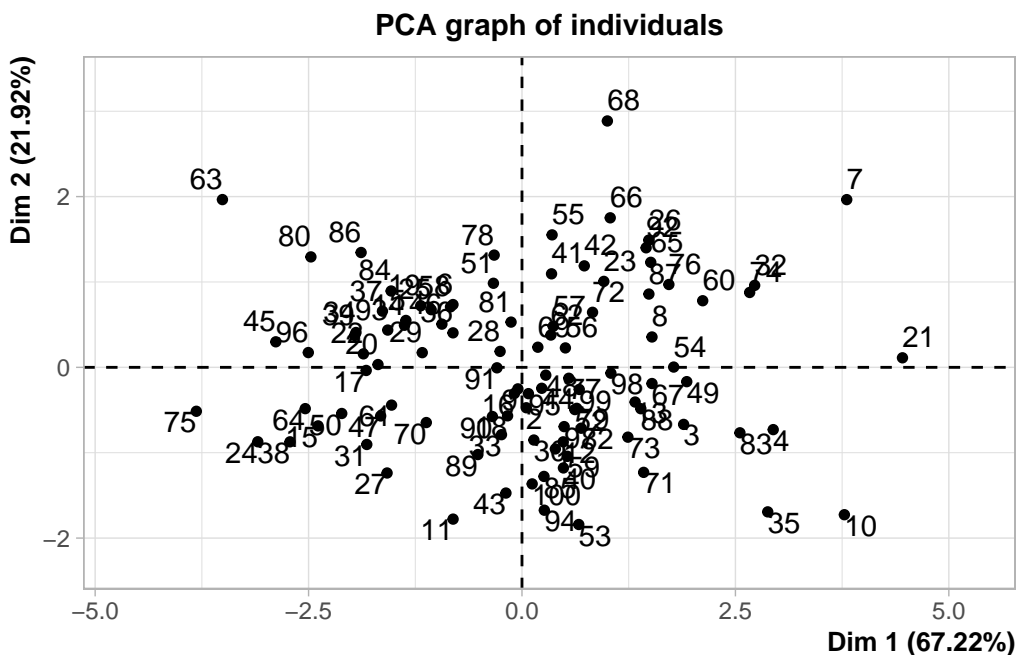
```
plot(walking_dta_pca, choix = "var")
```



10. En utilisant le graphique ci-dessous, que pouvez-vous dire

- sur l'individu 10 ?
- sur l'individu 94 ?

```
plot(walking_dta_pca, choix = "ind")
```



11. Quels sont les individus qui contribuent le plus à la formation du premier axe ?

```
walking_dta_pca$ind$contrib |> as_tibble() |> rowid_to_column("Ind") |> arrange(-Dim.1)
```

```
# A tibble: 100 x 5
      Ind Dim.1 Dim.2 Dim.3 Dim.4
  <int> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl>
1     21  7.39 0.0142  1.09  0.0424
2     75  5.41 0.302   2.09  1.94
3      7  5.38 4.40   1.15  2.90
4     10  5.30 3.40   2.80  2.01
5     63  4.58 4.40   0.233 0.233
6     24  3.56 0.866   0.333 3.48
7      4  3.22 0.607   0.645 0.594
8     45  3.09 0.102   0.0596 0.242
9     35  3.08 3.27   0.0590 0.715
10    32  2.76 1.05   1.54  0.663
# i 90 more rows
```

12. Quels sont les individus les mieux représentés sur le premier axe ?

```
walking_dta_pca$ind$cos2 |> as_tibble() |> rowid_to_column("Ind") |> arrange(-Dim.1)
```

```
# A tibble: 100 x 5
  Ind Dim.1      Dim.2      Dim.3      Dim.4
  <int> <dbl>      <dbl>      <dbl>      <dbl>
1    17 0.994 0.000398 0.00178 0.00398
2    54 0.990 0.00000331 0.00686 0.00347
3    45 0.985 0.0106 0.00266 0.00166
4    21 0.979 0.000615 0.0202 0.000121
5    96 0.972 0.00465 0.0184 0.00483
6    29 0.962 0.0209 0.0000642 0.0169
7    64 0.957 0.0348 0.00753 0.000453
8    34 0.936 0.0412 0.0111 0.0120
9    75 0.926 0.0169 0.0502 0.00713
10    8 0.925 0.0505 0.0144 0.0100
# i 90 more rows
```

13. Comment sont définies ces deux quantités ?
14. Comment mesurer la qualité de la représentation sur le premier plan ?

## Une première ACP. Etude des performance au Décathlon

```
data("decathlon")
```

1. Discuter de la nature des variables

*On a 11 variables quantitatives, les performances aux épreuves et le nombre total de points. Le rang est une variable numérique mais qui a un rôle particulier, on ne peut pas vraiment donner de sens au rang moyen par exemple. enfin on a une variable qualitative la compétition dont il s'agit.*

Le code ci-dessous calcule des résumés quantitatifs pour les variables pertinentes.

```
decathlon |> summarise(across(is.numeric, list(moyenne=mean, variance=var ))) |>
  pivot_longer(
    everything(),
    names_to = c("variable", ".value"),
    names_sep = "_"
  ) |>
  mutate(variance = variance *(n-1)/n) |> # pour corriger la variance par défaut de R
  mutate(across(is.numeric, \(x) round(x, 2)))
```

```
# A tibble: 12 x 3
  variable    moyenne variance
  <chr>      <dbl>    <dbl>
1 100m         11      0.07
2 Long.jump    7.26     0.1
3 Shot.put     14.5     0.67
4 High.jump    1.98     0.01
5 400m        49.6     1.32
6 110m.hurdle  14.6     0.22
7 Discus      44.3     11.3
8 Pole.vault   4.76     0.08
9 Javeline     58.3     23.1
10 1500m       279.    135.
11 Rank        12.1     62.1
12 Points     8005.  116055.
```

2. Pour comprendre les relations entre les variables, nous pouvons réaliser une ACP.

- Faut il prendre en compte toutes les variables quantitatives ?
- Quelle choix de distance feriez vous ?

3. l'ACP est réalisée grâce aux commandes suivantes. A quoi servent les options `quanti.sup` et `quali.sup` ? pourquoi ce choix ? Combien y a t il de variables quantitatives au total ?

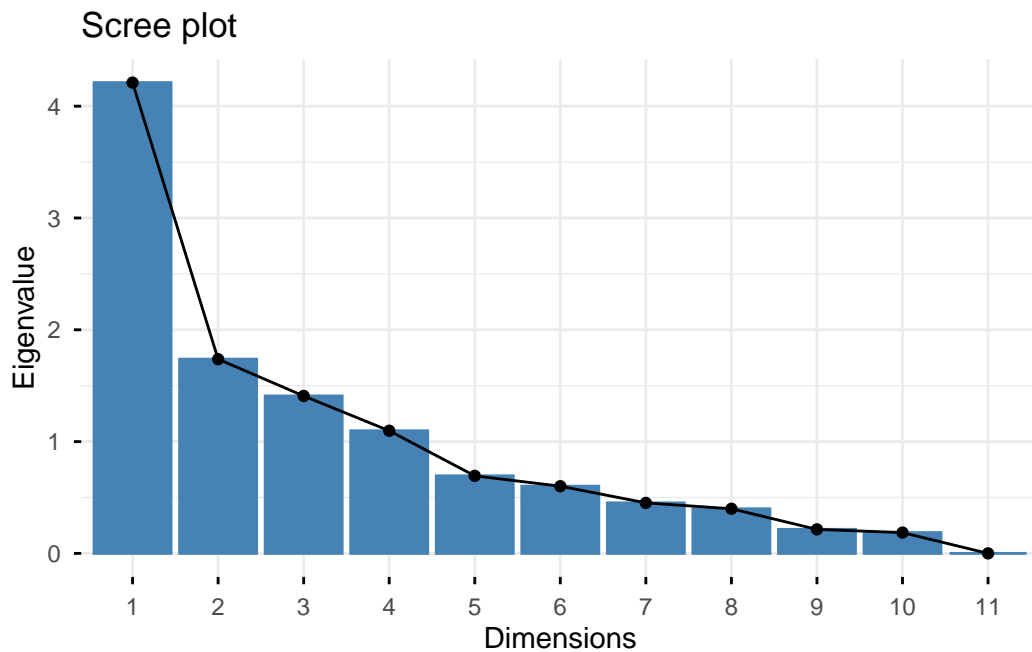
```
decathlon_pca <- PCA(decathlon, scale.unit = TRUE, quanti.sup = c("Rank"), quali.sup = "Comp
```

4. Combien suggérez d'axes vous semble-t-il pertinent de regarder ?

```
library(factoextra) # for nice vizualisation
decathlon_pca$eig
```

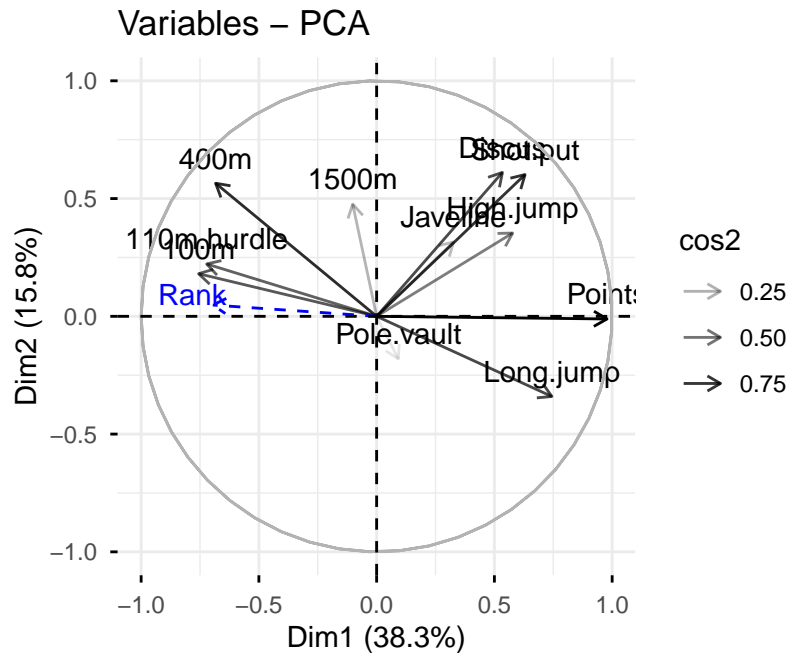
	eigenvalue	percentage of variance	cumulative percentage of variance
comp 1	4.210772e+00	3.827975e+01	38.27975
comp 2	1.737315e+00	1.579378e+01	54.07352
comp 3	1.408296e+00	1.280269e+01	66.87621
comp 4	1.097035e+00	9.973046e+00	76.84926
comp 5	6.936226e-01	6.305660e+00	83.15492
comp 6	6.010811e-01	5.464374e+00	88.61929
comp 7	4.516987e-01	4.106352e+00	92.72564
comp 8	3.991488e-01	3.628626e+00	96.35427
comp 9	2.148244e-01	1.952949e+00	98.30722
comp 10	1.861517e-01	1.692288e+00	99.99951
comp 11	5.439085e-05	4.944623e-04	100.00000

```
fviz_eig(decathlon_pca, choice = "eigenvalue", ncp = 11)
```



5. Quelles sont les variables bien représentées sur le premier plan principal ?

```
library(factoextra) # for nice vizualisation  
fviz_pca_var(decathlon_pca, axes = c(1,2), alpha.var = "cos2")
```



6. Discuter du lien entre les variables. Cela semble-t-il surprenant ?
7. Le saut à la perche `Pole.vault` est-il bien représenté ? Sur quel plan faut-il projeté pour pouvoir visualiser les performances au saut à la perche ?

```
decathlon_pca$var$cos2
```

	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5
100m	0.57139704	0.0327242707	0.0430338384	0.001274172	1.148933e-01
Long.jump	0.55357323	0.1157488070	0.0395671585	0.002557195	1.048259e-05
Shot.put	0.39706705	0.3621620493	0.0002382196	0.021897220	7.677701e-03
High.jump	0.33342735	0.1250871798	0.0595892073	0.027148070	2.787889e-01
400m	0.46743733	0.3191990038	0.0125288513	0.006698959	5.756890e-03
110m.hurdle	0.52071355	0.0493917625	0.0150700801	0.118904929	2.642918e-02
Discus	0.28508308	0.3733202080	0.0040004975	0.083457249	7.389082e-03
Pole.vault	0.00854153	0.0328341249	0.4490187957	0.349771085	9.983515e-02
Javeline	0.10647521	0.0996192520	0.1639116219	0.437392911	1.247085e-01
1500m	0.01034718	0.2271041183	0.6187491252	0.019227369	2.210338e-02
Points	0.95670958	0.0001246526	0.0025882124	0.028705925	6.029924e-03
	Dim.6	Dim.7	Dim.8	Dim.9	Dim.10
100m	0.051885058	0.0684509434	0.0819624457	2.464186e-03	0.031913545
Long.jump	0.060860974	0.1740178871	0.0009616512	5.047724e-02	0.002223441
Shot.put	0.046794392	0.0484975072	0.0444866878	3.987637e-02	0.031301962
High.jump	0.153216454	0.0042214724	0.0048514263	1.265994e-02	0.001007847



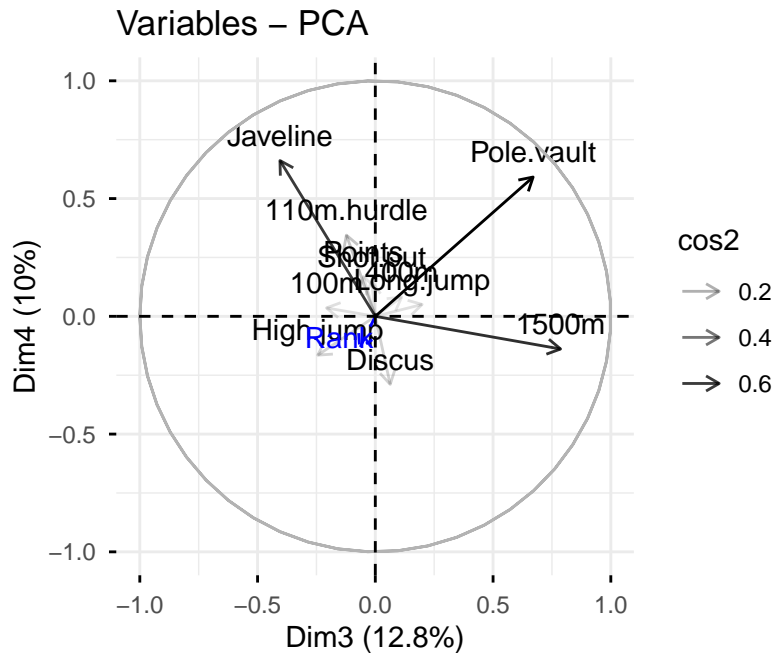
400m	0.059019037	0.0053962448	0.0229309061	6.457339e-02	0.036458409
110m.hurdle	0.006952002	0.0543807117	0.2006915068	4.967260e-03	0.002497964
Discus	0.124992676	0.0825979330	0.0002560070	5.261503e-03	0.033640071
Pole.vault	0.032468459	0.0049944097	0.0101802056	1.478939e-03	0.010875042
Javeline	0.016107763	0.0051044820	0.0310317324	1.290937e-02	0.002737377
1500m	0.047647885	0.0037097648	0.0002353866	2.014860e-02	0.030725498
Points	0.001136448	0.0003273564	0.0015608778	7.628454e-06	0.002770533

Dim.11

100m	1.196104e-06
Long.jump	1.938446e-06
Shot.put	8.482581e-07
High.jump	2.125406e-06
400m	9.753387e-07
110m.hurdle	1.056204e-06
Discus	1.696489e-06
Pole.vault	2.261812e-06
Javeline	1.732012e-06
1500m	1.694150e-06
Points	3.886663e-05

8. Le saut à la perche est la huitième épreuve au décathlon, le javelot la neuvième, le 1500 m la dernière. Que laisse espérer une bonne performance au saut à la perche, quant à la performance au javelot à venir ?

```
fviz_pca_var(decathlon_pca, axes = c(3,4), alpha.var = "cos2")
```



9. La variable nombre de points est très bien représentée par l'axe 1. que pensez de l'intérêt des trois dernières épreuves sur le résultat final ?
10. Ci-dessous le code pour obtenir la représentation des individus dans le premier plan principal. Citer un excellent décathlonien. Discuter de la performance de Casarsa (en haut à gauche) au 400m. Peut-on affirmer que Qi (près de l'origine) est un décathlonien moyen ?

```
fviz_pca_ind(decathlon_pca, axes = c(1,2), alpha.ind = "cos2")
```

