

**Identifier des stratégies d'apprentissage efficaces mesurées pour un enseignement de mécanique
grâce à une analyse en composantes principales**

Jean-Michel Génevaux, Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs du Mans (ENSIM)
Le Mans Université, jmgenev@univ-lemans.fr

Catherine Couturier, Univ. Artois, UR 4521, Centre de Recherche en Linguistique Française
Grammatica, F-62000 Arras, France, catherine.couturier@univ-artois.fr

1. Contexte et problématique

Cette étude porte sur les stratégies d'apprentissage des étudiants dans le cadre d'une méthode d'enseignement spécifique « A son rythme » conçue par le premier auteur pour un cours de mécanique à l'École Nationale Supérieure d'Ingénieur du Mans (ENSIM) (Génevaux et Pelat, 2012). Cette méthode vise à permettre à chaque étudiant¹ de travailler ses apprentissages à la vitesse qui lui convient, et à partir du niveau auquel il se trouve ; ce niveau est identifié par des tests de validation des objectifs d'apprentissage (désignés par « capacités » dans le reste du document) qu'il déclenche lorsqu'il se sent prêt (Pelat et al., 2013). Chaque capacité validée équivaut à un certain nombre de points, la note totale du cours étant cumulative. Une capacité ne peut pas être validée partiellement.

L'étudiant dispose de ressources de différentes natures : photocopiés, vidéos, exercices avec résultats, liste d'étudiants référents qui peuvent l'aider à résoudre les exercices... Tout au long de l'enseignement (10h au total), il fait ses propres choix sur les éléments suivants : le temps de travail en dehors des cours, la consultation de vidéos et la sélection d'exercices parmi le panel proposé, le stade d'avancement de lecture du photocopié, et enfin le fait de coopérer avec les autres étudiants pendant les séances. Cette méthode d'enseignement laisse donc beaucoup d'autonomie aux étudiants. Les théories de la motivation telles que celle de Viau (2009) mettent en évidence la « perception de contrôlabilité » - à savoir la perception que possède l'étudiant sur sa capacité à faire des choix, à maîtriser le déroulement et les conséquences des activités qu'on lui propose - comme l'un des plus puissants leviers de motivation. Or l'autonomie, selon Foray (2017) si elle est un but nécessaire de l'éducation, n'est « ni un don ni le résultat d'un développement naturel », elle doit s'éduquer et être accompagnée.

Notre objectif en tant qu'enseignants est que les étudiants valident le plus grand nombre possible de capacités, quel que soit l'état de leurs connaissances et leur maîtrise des concepts prérequis au début de cet enseignement. Les apprentissages qu'ils parviennent à réaliser sont la conséquence directe des choix qu'ils opèrent. Nous avons donc souhaité identifier les stratégies les plus efficaces de manière à pouvoir les guider sur la quantité et la nature du travail à fournir.

Pour construire notre concept de stratégie d'apprentissage, nous avons choisi un certain nombre d'éléments :

- le temps de travail en dehors des cours,
- la réalisation d'exercices parmi le panel proposé ; nous ne faisons pas de différences entre les étudiants qui effectuent les exercices dans l'ordre (80% pour les données présentées dans cette étude) et ceux qui sélectionnent les exercices d'après leur intitulé (toujours formulé en terme d'objectif, par exemple « Calcul par méthode itérative de la première pulsation propre pour une structure discrète »), seul le nombre d'exercices réalisés constitue la donnée recueillie,
- la dernière page lue du photocopié en se basant sur le constat que la lecture est linéaire,

¹ Nous sommes conscients de l'importance d'adopter une écriture inclusive ; il nous a semblé cependant qu'elle alourdissait le texte. Nous choisissons donc la terminologie générique « l'étudiant » que nous souhaitons épicer.

- leur perception de l'efficacité de la phase de questions-réponses, qui nous semble révéler un niveau d'intérêt et d'écoute,
- leur perception de l'efficacité de la phase 1-4-tous, qui est un temps spécifique organisé 2 fois pour l'ensemble des séances, lors duquel les étudiants réfléchissent 5 minutes, puis échangent entre pairs sur un problème réel avant une mise en commun ; cela nous semble être un indicateur d'une certaine aptitude à modéliser un problème contextualisé,
- leur perception quant à leur propre efficacité lors de la phase de travail sur les exercices, qui nous semble être révélateur de leur niveau de difficulté de résolution,
- le nombre de capacités validées, résultat de leur engagement dans le travail dans la mesure où ce sont eux qui déclenchent les évaluations.

Ces éléments sont soit des choix conscients, soit des indicateurs d'une forme d'engagement dans les apprentissages.

Nous présentons maintenant la méthodologie de recueil des données, les stratégies identifiées, ce que nous avons mis en place pour faciliter leur appropriation par les étudiants, puis nous concluons pour dégager des perspectives de transfert dans d'autres contextes.

2. Méthodologie et résultats obtenus

L'enseignement « Méthodes approchées en dynamique des structures » concerné par cette étude est dispensé en cinquième année pour l'option Vibrations et acoustique. Nous présentons les résultats pour la promotion 2022-23, première cohorte (67 étudiants) à faire l'objet de cette analyse.

Le recueil des données a été réalisé au moyen d'un questionnaire sous forme de tableur collaboratif soumis à la fin de chacune des 8 séances d'enseignement de 1h15. Le respect de l'anonymat est garanti par l'utilisation d'un pseudonyme par les étudiants et le remplissage du tableur avant de quitter la salle était obligatoire. Les 7 données recueillies sont quantifiées (tableau 1).

Tableau 1. Données recueillies

Donnée	Unité
Temps de travail en dehors des cours	h
Exercices réalisés	Nombre
Avancement de la lecture du polycopié	Numéro de la page en cours
Perception de l'efficacité de la phase de questions/réponses	Échelle de Lickert à 5 niveaux -2 : Pas du tout efficace +2 : Tout-à-fait efficace
Perception l'efficacité de la phase 1-4-tous	Échelle de Lickert à 5 niveaux -2 : Pas du tout efficace +2 : Tout-à-fait efficace
Perception de sa propre efficacité lors de la phase de travail sur les exercices	Échelle de Lickert à 5 niveaux -2 : Pas du tout efficace +2 : Tout-à-fait efficace
Capacités validées à ce jour	Nombre

La base se compose de 3752 données. Nous nous sommes inspirés de la méthodologie utilisée par Poitevin et Hasni (2018) dans leur étude portant sur la manière d'encourager des élèves ayant des

profils de perception différents à poursuivre des études scientifiques. Le traitement de données brutes amène à ignorer le fait que certaines données sont de même nature, par exemple le nombre d'heures travaillées pour chacune des 8 séances, ce qui présente l'inconvénient de diluer l'information. Sept données secondaires sont donc construites permettant de caractériser la stratégie d'apprentissage de chaque étudiant (tableau 2).

Tableau 2. Données secondaires construites

Temps moyen de travail en dehors des cours
Nombre total de pages lues
Nombre total de capacités validées
Efficacité perçue moyenne de la phase de questions / réponses
Efficacité perçue moyenne de la phase de 1-4-tous
Efficacité perçue moyenne de la phase de travail sur les exercices
Nombre total d'exercices réalisés

La base de données secondaires se compose de 469 données. Une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée au moyen du logiciel libre RStudio. Chaque stratégie d'apprentissage est représentée par un point dans cet espace de dimension 7. Le logiciel identifie les directions principales du nuage de points, classées en fonction du niveau d'information qu'elles détiennent. Lorsque l'on projette ce nuage sur le plan engendré par les 2 premières directions principales (figure 1), ce plan permet de visualiser 65% de l'information. Une identification de clusters a pu être opérée, un cluster étant un regroupement de stratégies proches. Nous avons choisi de présenter dans la figure 1 le résultat du regroupement en 4 clusters. Les caractéristiques des barycentres de chaque cluster sont connues en termes de caractéristiques secondaires. Un test statistique peut alors être fait sur chacune des caractéristiques pour détecter si l'un des clusters est significativement différent des autres.

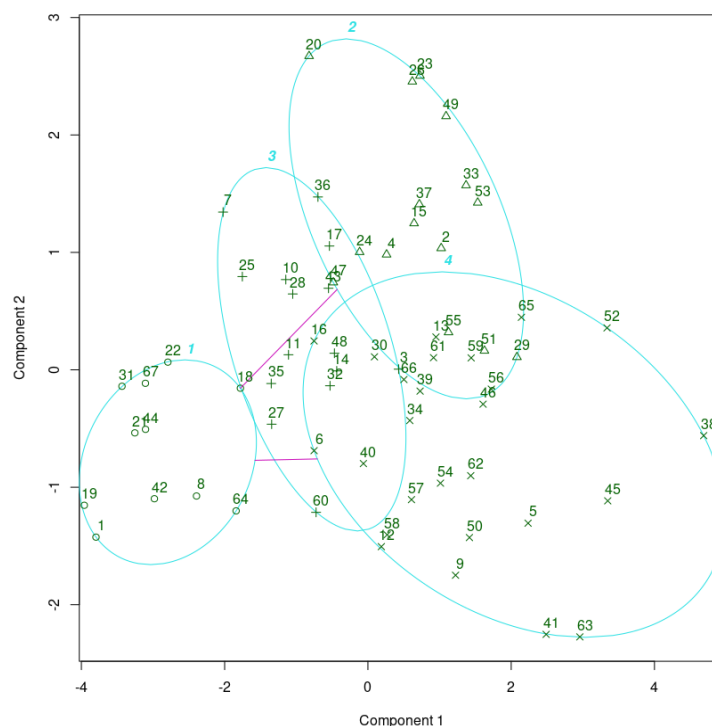


Figure 1 : Projection du nuage de points sur le plan engendré par les 2 premières directions principales

Le tableau 3 détaille la valeur normale centrée (cela permet d'affecter un poids similaire à chacun des paramètres) des paramètres du barycentre de chacun des 4 clusters. Un cluster est comparé à l'ensemble des 3 autres. La couleur jaune indique que le paramètre a une valeur significativement inférieure à celle obtenue par la fusion des 3 autres clusters. Par exemple, le temps moyen de travail en dehors des cours du cluster 1 est significativement inférieur au temps moyen des stratégies 2, 3 ou 4. De la même manière, la couleur bleue indique que le paramètre a une valeur significativement supérieure.

Tableau 3 : Identification pour chaque paramètre d'un cluster si l'écart est significativement différent du même paramètre de l'union des 3 autres clusters

	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
nombre d'étudiants	11	15	15	26
Temps moyen de travail en dehors des cours	-1.66	0.49	-0.05	0.45
Nombre total de pages lues	-1.17	0.28	-0.14	0.41
Nombre total de capacités validées	-1.00	1.06	-0.88	0.32
Efficacité perçue moyenne de la phase de questions / réponses	-0.72	-0.65	-0.59	1.02
Efficacité perçue moyenne de la phase de 1-4-tous	-0.38	0.19	-0.62	0.41
Efficacité perçue moyenne de la phase de travail sur les exercices	-0.65	-0.41	-0.30	0.69
Nombre total d'exercices réalisés	-1.76	0.70	0.02	0.32

Nous présentons maintenant les stratégies identifiées, ainsi que ce que nous avons mis en place pour faciliter leur appropriation par les étudiants.

3. Analyse des données et bilan critique

3.1 Des stratégies significativement différentes

Deux stratégies apparaissent plus pertinentes dans le tableau précédent, représentées par les clusters 2 (15 étudiants) et 4 (26 étudiants) : le nombre total de capacités validées y est significativement supérieur (1.06 et 0.32 en données adimensionnelles, soit respectivement 1.9 et 1.2 capacités validées sur 4 validables).

Le cluster 2 met en évidence une stratégie d'apprentissage basée sur un temps de travail autonome important (2h29) et un grand nombre d'exercices réalisés (5.1 exercices en moyenne pour un panel de 9 proposés), mais s'intéresse peu aux temps de questions/réponses (0.2 sur l'échelle de Liekhtert). Cela nous semble représentatif d'une catégorie d'étudiants qui travaillent beaucoup et ressentent moins le besoin de s'intéresser à des activités complémentaires pour soutenir leur compréhension.

Le cluster 4 met en évidence une stratégie un peu moins performante en termes de capacités validées. Si l'on compare avec le cluster 2, le temps moyen de travail en dehors des cours est équivalent (2h27 au lieu de 2h29), le nombre de pages lues est à peine supérieur (32 au lieu de 31), la phase de questions/réponses est plus appréciée (0.62 au lieu de 0.17 sur l'échelle de Liekhtert), la phase de travail 1-4-tous est également légèrement plus appréciée (0.13 au lieu de 0.10), la phase de travail sur les exercices est perçue comme beaucoup plus efficace (0.54 au lieu de 0.13) et le nombre d'exercices réalisés est un peu moindre (4.5 au lieu de 5.1). Il nous semble qu'il représente une seconde catégorie d'étudiants peut-être moins en facilité, mais qui cherche à tirer profit de toutes les possibilités d'aide proposées par le dispositif.

Les clusters 1 (11 étudiants) et 3 (15 étudiants) révèlent 2 stratégies peu efficaces en termes de capacités validées (respectivement 0.1 et 0.2).

3.2 Appropriation par les étudiants

Pour favoriser l'appropriation de ces stratégies « gagnantes » par les étudiants et leur donner envie de les adopter, une présentation d'une dizaine de minutes concernant la démarche, la méthodologie et les clusters identifiés a été faite en début d'année pour la cohorte 2023-24 à partir des données présentées dans cette étude. Nous souhaitons leur permettre de choisir dès le début de l'enseignement une stratégie statistiquement mesurée comme plus efficace, d'autant plus qu'elle est quantifiée : gagner 0.7 capacité est corrélé avec 6 minutes de travail supplémentaire entre chaque séance et 0.6 exercice réalisé en plus. Lors d'une séance de mi-parcours, chaque étudiant a pu identifier le cluster auquel il appartenait.

Il est à noter que lors de discussions avec les étudiants, certains déclarent pouvoir se satisfaire d'un faible nombre de capacités au vu du temps de travail nécessaire pour les atteindre. Ils cherchent alors à compenser avec les autres matières de la même unité d'enseignement.

4. Conclusion et conditions de transfert

En école d'ingénieur, le public est le fruit d'une sélection, il est relativement homogène. Pourtant nous constatons des aptitudes variables à gérer l'autonomie et les apprentissages. Le dispositif que nous proposons nous semble contribuer à la réussite de tous. Notre approche vise, en cohérence avec l'esprit général de la méthode d'enseignement utilisée, à conseiller, guider, accompagner chacun dans son parcours d'études sans que ce ne soit perçu comme une injonction. Chaque étudiant reste responsable de ses choix et de la manière dont il travaille, en ayant la possibilité de s'appuyer sur des éléments scientifiquement prouvés.

Il est à noter que notre étude a été menée pour un enseignement à volume horaire relativement faible et une promotion de moins de 70 étudiants. Il nous semble que cette approche gagnerait à être utilisée sur des cours plus conséquents et pour de plus grands groupes, ce qui rendrait les statistiques encore plus fiables, et les discriminations de stratégies encore plus efficaces.

Il est courant qu'un enseignant encourage ses étudiants à travailler plus et à réaliser de nombreux exercices ; notre étude vise à objectiver de façon quantifiée les avantages obtenus par un travail plus soutenu. Elle sera poursuivie par une recherche qualitative, basée sur des entretiens individuels et collectifs avec les étudiants, de manière à mieux comprendre leurs perceptions par rapport à cette méthode d'enseignement et les raisons qui leur font adopter telle ou telle stratégie d'apprentissage.

Remerciements

Cette étude a été possible grâce à la Chaire de recherche-action sur l'innovation pédagogique de l'université de Paris-Saclay qui a permis des discussions fructueuses du premier auteur avec Patrice Potvin.

Références

Foray, P. (2017). Autonomie. *Le télémaque*, (51), 19–28.

Génevaux, J.-M., & Pelat, A. (2012). Acoustic's 2012. Dans *Collaborative learning in an University*. <https://hal.science/hal-00686879>

Pelat, A., Génevaux, J.-M., Gougeon, S., Dalmont, J.-P., & Joly, N. (2013). Leur remonter les bretelles avant l'examen ou leur faire passer des ceintures ?... De quoi donner des boutons ! Dans *21ème Congrès Français de Mécanique*. <https://hal.science/hal-00808331>

Potvin, P., & Hasni, A. (2018). Encouraging Students with Different Profiles of Perceptions to Pursue Science by Choosing Appropriate Teaching Methods for Each Age Group. *Res Sci Educ*, 48, 1339–1357. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9605-z>

Viau, R. (2009). *La motivation en contexte scolaire*. De Boeck.

Identifier des stratégies d'apprentissage efficaces mesurées pour un enseignement de mécanique grâce à une analyse en composantes principales

Jean-Michel Génevaux, Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs du Mans (ENSIM), *Le Mans Université*
jean-michel.genevaux@univ-lemans.fr

Catherine Couturier, Université d'Artois, Arras, Centre de Recherche en Linguistique Française Grammatica
catherine.couturier@univ-artois.fr

Plan

1. Contexte et problématique
2. Méthodologie
3. Résultats
4. Analyse des données et bilan critique
 - Des stratégies significativement différentes
 - Appropriation par les étudiants
4. Conditions de transfert
5. Conclusion & perspectives

Introduction

- J'enseigne la mécanique depuis 1986
- En entrant dans la salle d'examen : l'étudiante ne sait pas qu'elle ne sait pas
- Bascule en 2005 : j'ai arrêté de faire des CM et des TD
- Ce que j'ai voulu faire : qu'elle travaille et se fasse évaluer à son rythme



Introduction



Enseignante en robotique
Chercheure en sciences de l'éducation
Pédagogies actives
Découvrir et comprendre une méthode particulière
Ma posture : « faire accoucher »

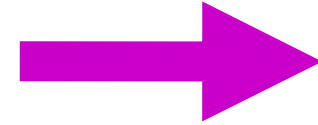
1. Contexte et problématique

Enseignement “A son rythme”

Ressources

Stratégie d'apprentissage du fait de
l'autonomie et de la contrôlabilité

Enseignement “A son rythme”



Ressources

- * Vitesse d'apprentissage choisie par chaque étudiante
- * A partir du niveau auquel elle est : prérequis
- * Déclenchement des validations des objectifs d'apprentissage (“capacités”) par chaque étudiante lorsqu'elle se sent prête

Stratégie d'apprentissage du fait de
l'autonomie et de la contrôlabilité

Enseignement “A son rythme”

Ressources



- * Polycopié
- * Vidéos
- * Exercices avec résultats (brevets)
- * Référente étudiante pour chaque exercice

Stratégie d'apprentissage du fait de
l'autonomie et de la contrôlabilité

Enseignement “A son rythme”

Ressources

Stratégie d'apprentissage du fait de
l'autonomie et de la contrôlabilité

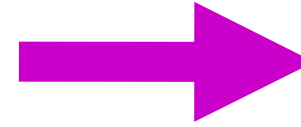


- * Temps de travail en dehors des cours
- * Nombre d'exercices faits
- * Nombre de pages lues
- * Perception d'efficacité
 - de la phase de questions/réponses
 - de la phase 1-4-tous
 - de la phase de travail individuel
- * Nombre de capacités validées

2. Méthodologie

- * Recueil anonyme de 7 données en fin de chaque séance (tableur collaboratif)
- * Calcul de 7 données secondaires
- * Analyse en composantes principales
- * Formation de clusters

- * Recueil anonyme de 7 données en fin de chaque séance (tableur collaboratif)
- * Calcul de 7 données secondaires
- * Analyse en composantes principales
- * Formation de clusters



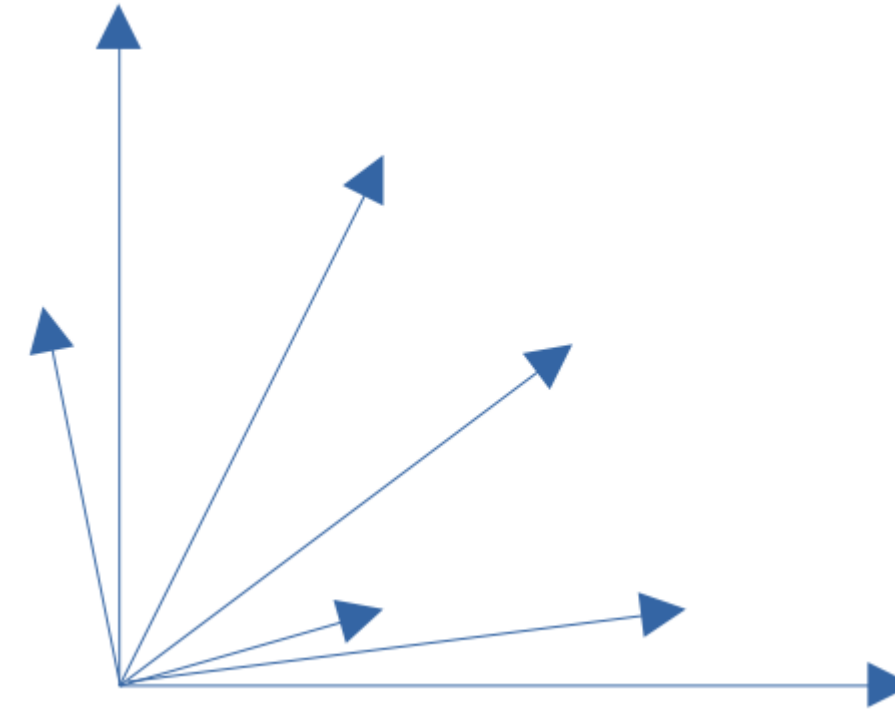
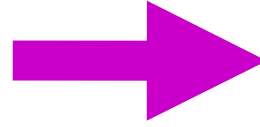
Donnée	Unité
Temps de travail en dehors des cours	h
Exercices réalisés	Nombre
Avancement de la lecture du polycopié	Numéro de la page en cours
Perception de l'efficacité de la phase de questions/réponses	Échelle de Lickert à 5 niveaux -2 : Pas du tout efficace +2 : Tout-à-fait efficace
Perception l'efficacité de la phase 1-4-tous	Échelle de Lickert à 5 niveaux -2 : Pas du tout efficace +2 : Tout-à-fait efficace
Perception de sa propre efficacité lors de la phase de travail sur les exercices	Échelle de Lickert à 5 niveaux -2 : Pas du tout efficace +2 : Tout-à-fait efficace
Capacités validées à ce jour	Nombre

- * Recueil anonyme de 7 données en fin de chaque séance (tableur collaboratif)
- * Calcul de 7 données secondaires
- * Analyse en composantes principales
- * Formation de clusters

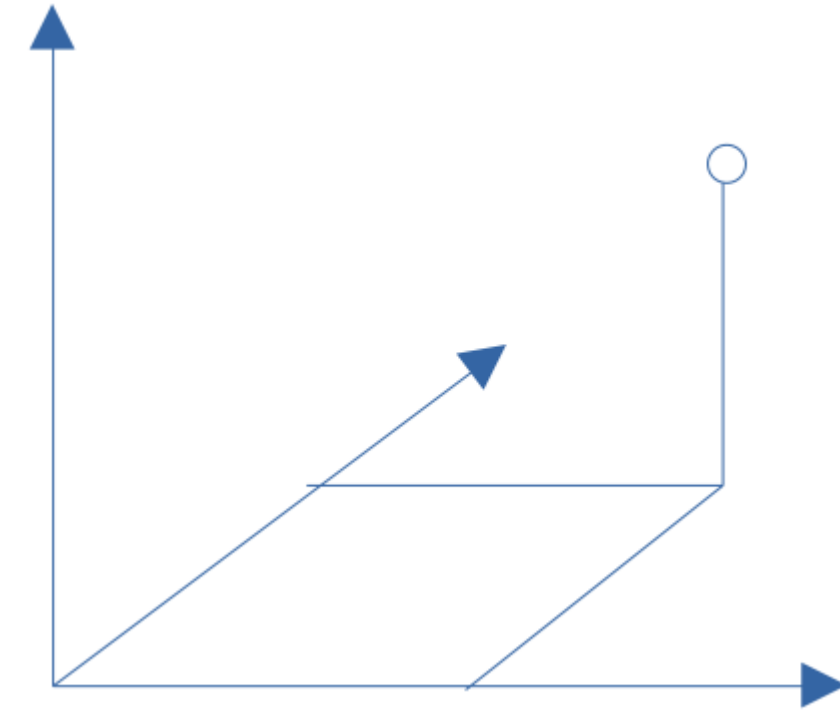
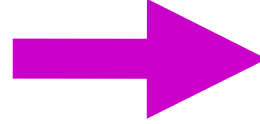


Temps moyen de travail en dehors des cours
Nombre total de pages lues
Nombre total de capacités validées
Efficacité perçue moyenne de la phase de questions / réponses
Efficacité perçue moyenne de la phase de 1-4-tous
Efficacité perçue moyenne de la phase de travail sur les exercices
Nombre total d'exercices réalisés

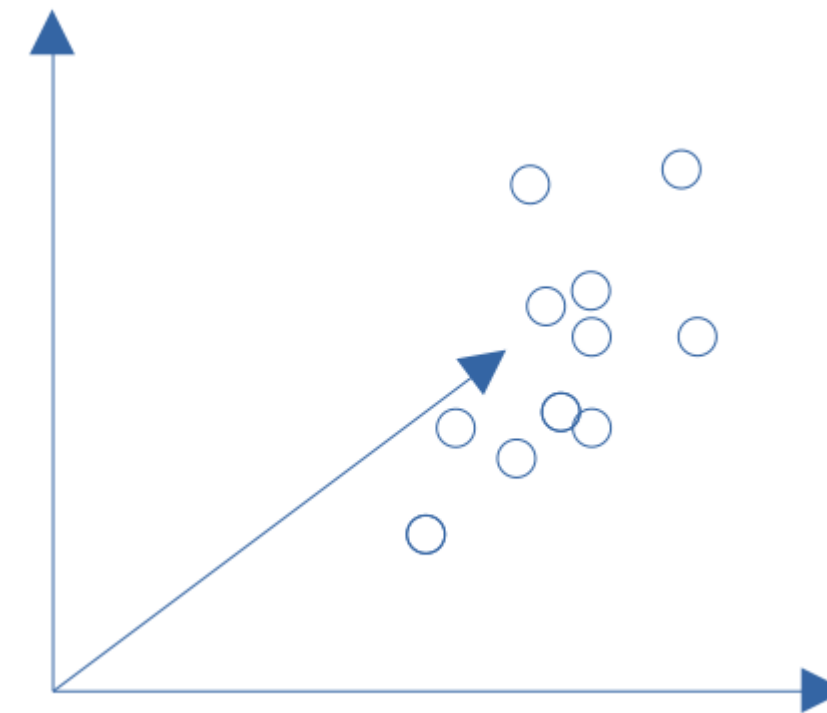
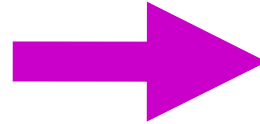
- * Recueil anonyme de 7 données en fin de chaque séance (tableur collaboratif)
- * Calcul de 7 données secondaires
- * Analyse en composantes principales
- * Formation de clusters



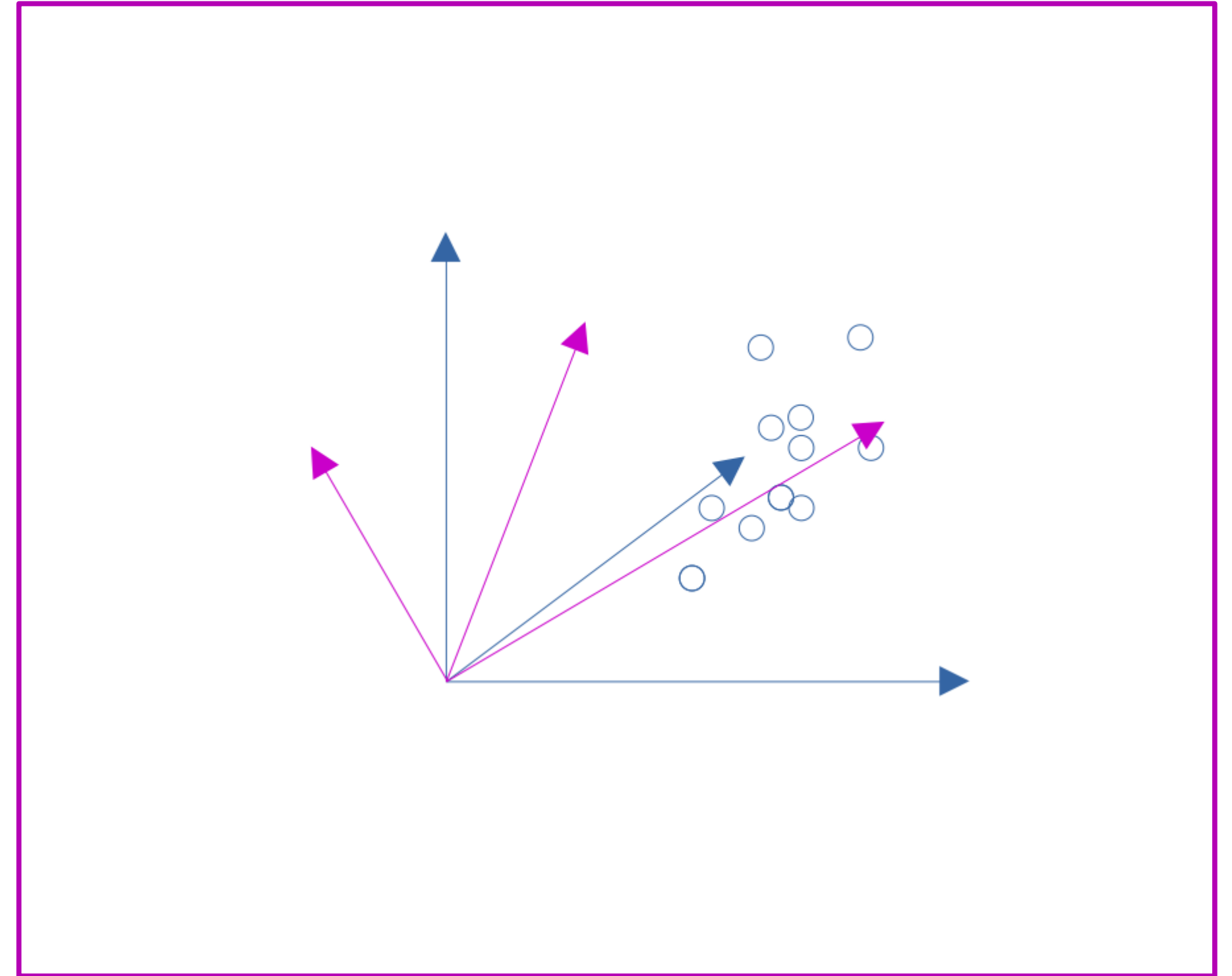
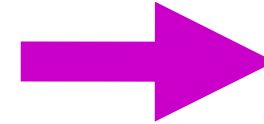
- * Recueil anonyme de 7 données en fin de chaque séance (tableur collaboratif)
- * Calcul de 7 données secondaires
- * Analyse en composantes principales
- * Formation de clusters



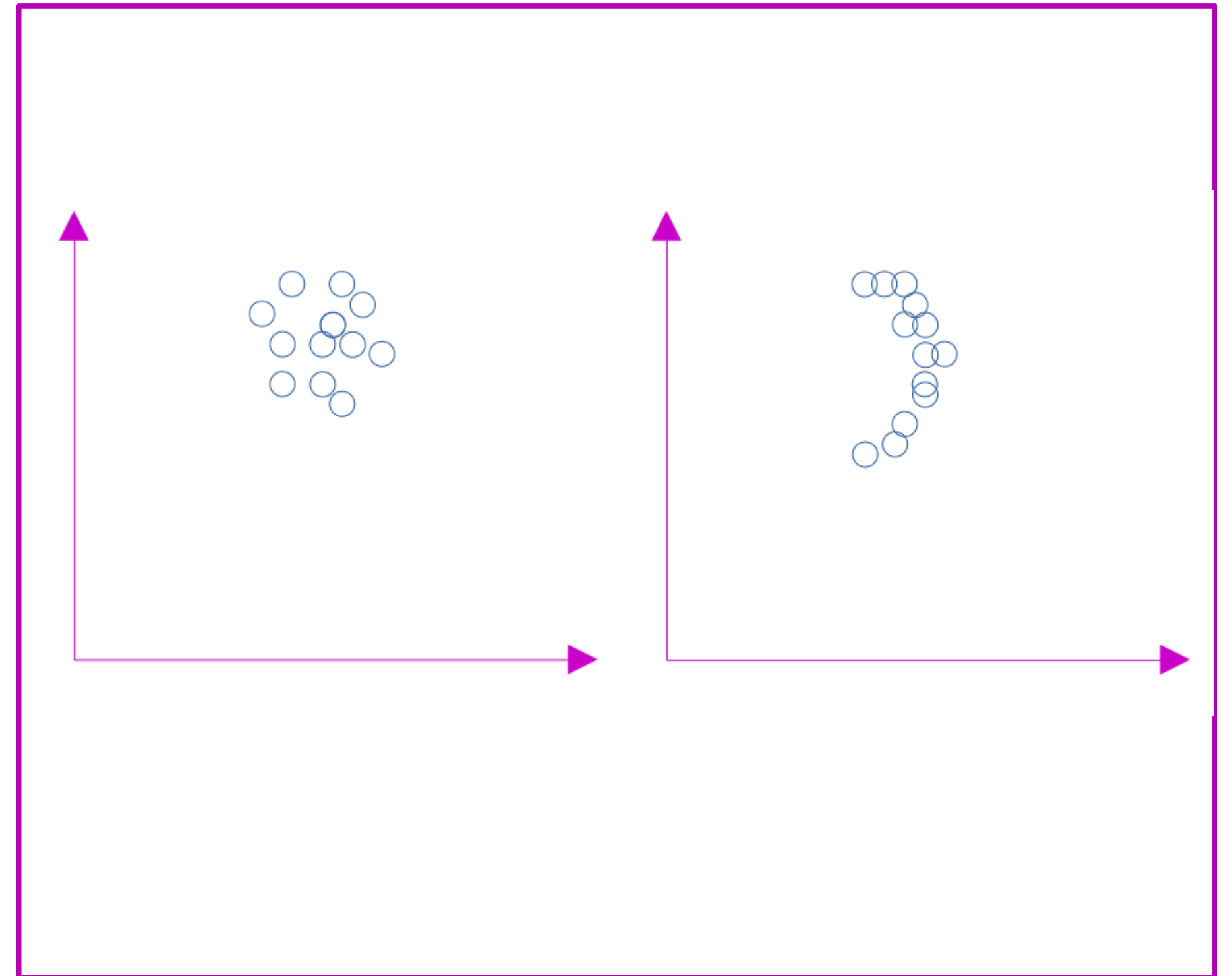
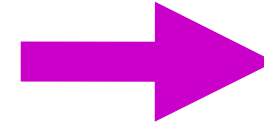
- * Recueil anonyme de 7 données en fin de chaque séance (tableur collaboratif)
- * Calcul de 7 données secondaires
- * Analyse en composantes principales
- * Formation de clusters



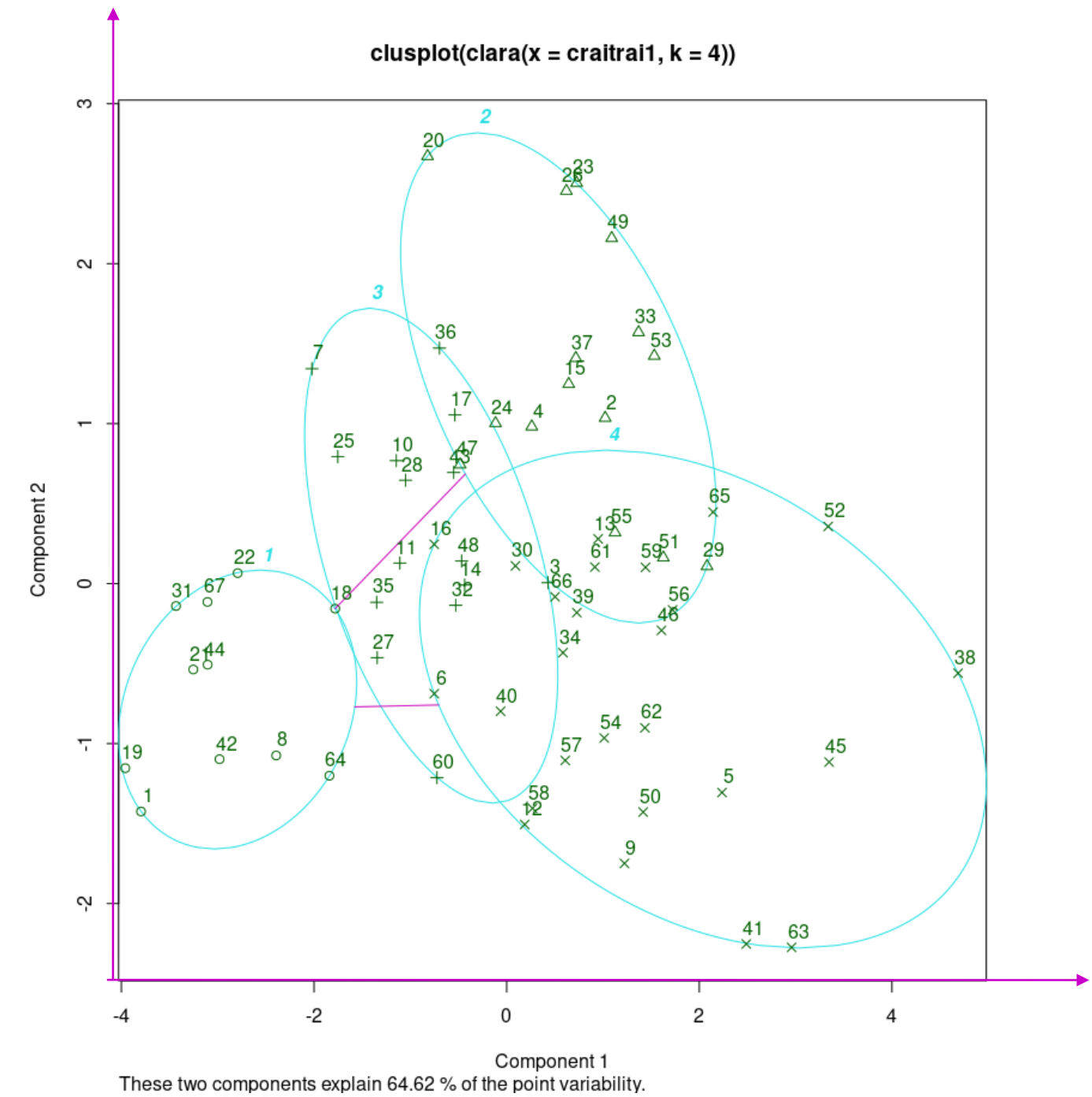
- * Recueil anonyme de 7 données en fin de chaque séance (tableur collaboratif)
- * Calcul de 7 données secondaires
- * Analyse en composantes principales
- * Formation de clusters



- * Recueil anonyme de 7 données en fin de chaque séance (tableur collaboratif)
- * Calcul de 7 données secondaires
- * Analyse en composantes principales
- * Formation de clusters



- * Recueil anonyme de 7 données en fin de chaque séance (tableur collaboratif)
- * Calcul de 7 données secondaires
- * Analyse en composantes principales
- * Formation de clusters



2. Résultats

Test de significativité de l'écart entre les données secondaires des clusters



	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
nombre d'étudiants	11	15	15	26
Temps moyen de travail en dehors des cours	-1.66	0.49	-0.05	0.45
Nombre total de pages lues	-1.17	0.28	-0.14	0.41
Nombre total de capacités validées	-1.00	1.06	-0.88	0.32
Efficacité perçue moyenne de la phase de questions / réponses	-0.72	-0.65	-0.59	1.02
Efficacité perçue moyenne de la phase de 1-4-tous	-0.38	0.19	-0.62	0.41
Efficacité perçue moyenne de la phase de travail sur les exercices	-0.65	-0.41	-0.30	0.69
Nombre total d'exercices réalisés	-1.76	0.70	0.02	0.32

Résultats normés centrés

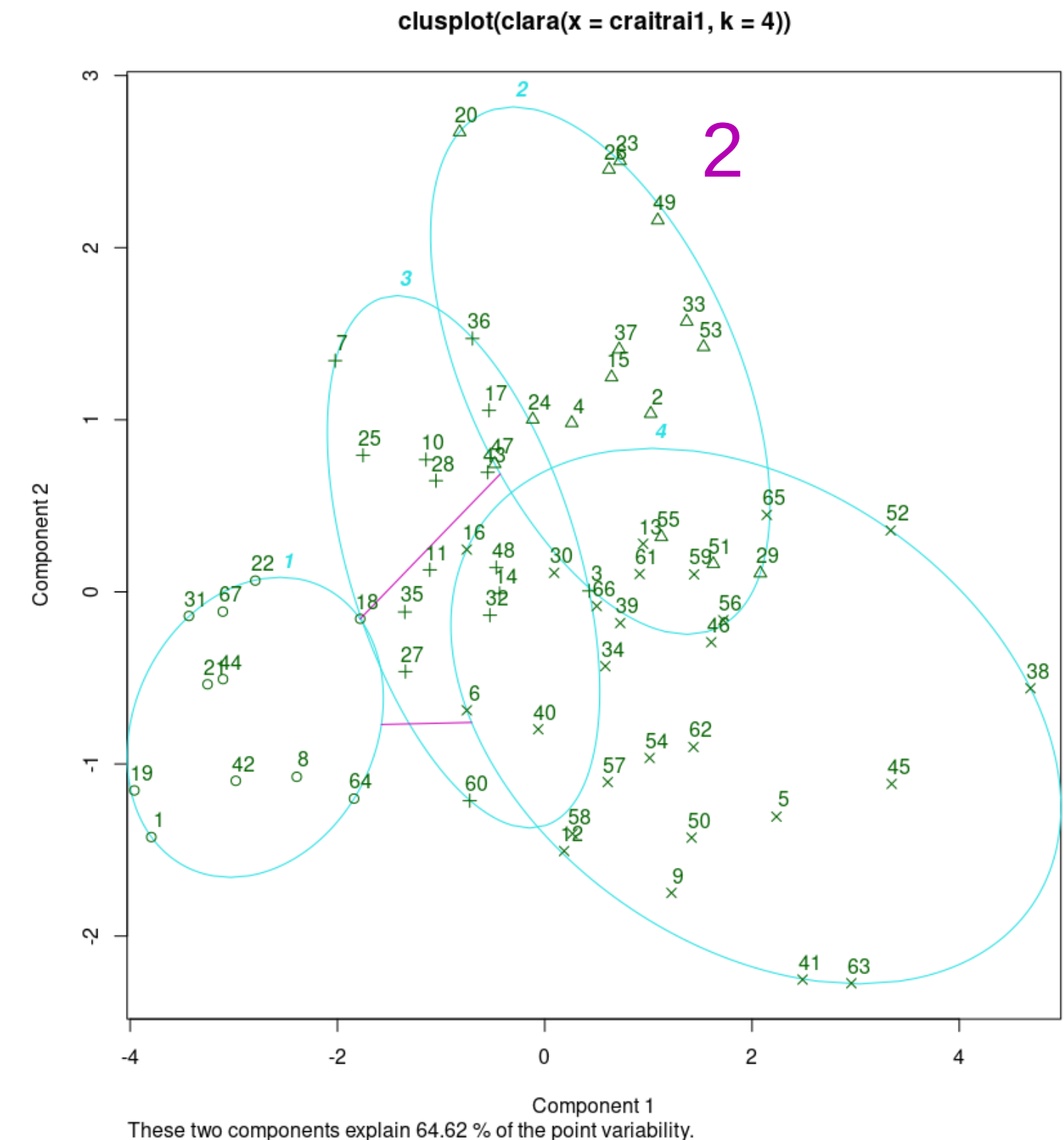
3. Analyse et bilan critique

4 stratégies significativement différentes

	Cluster 2	Cluster 4
Temps de travail autonome	2h30	
Exercices réalisés sur 9	5,1	
Phases Q/R (-2 à +2)	0,2	
Phases d'exercices (-2 à +2)		

Etudiantes

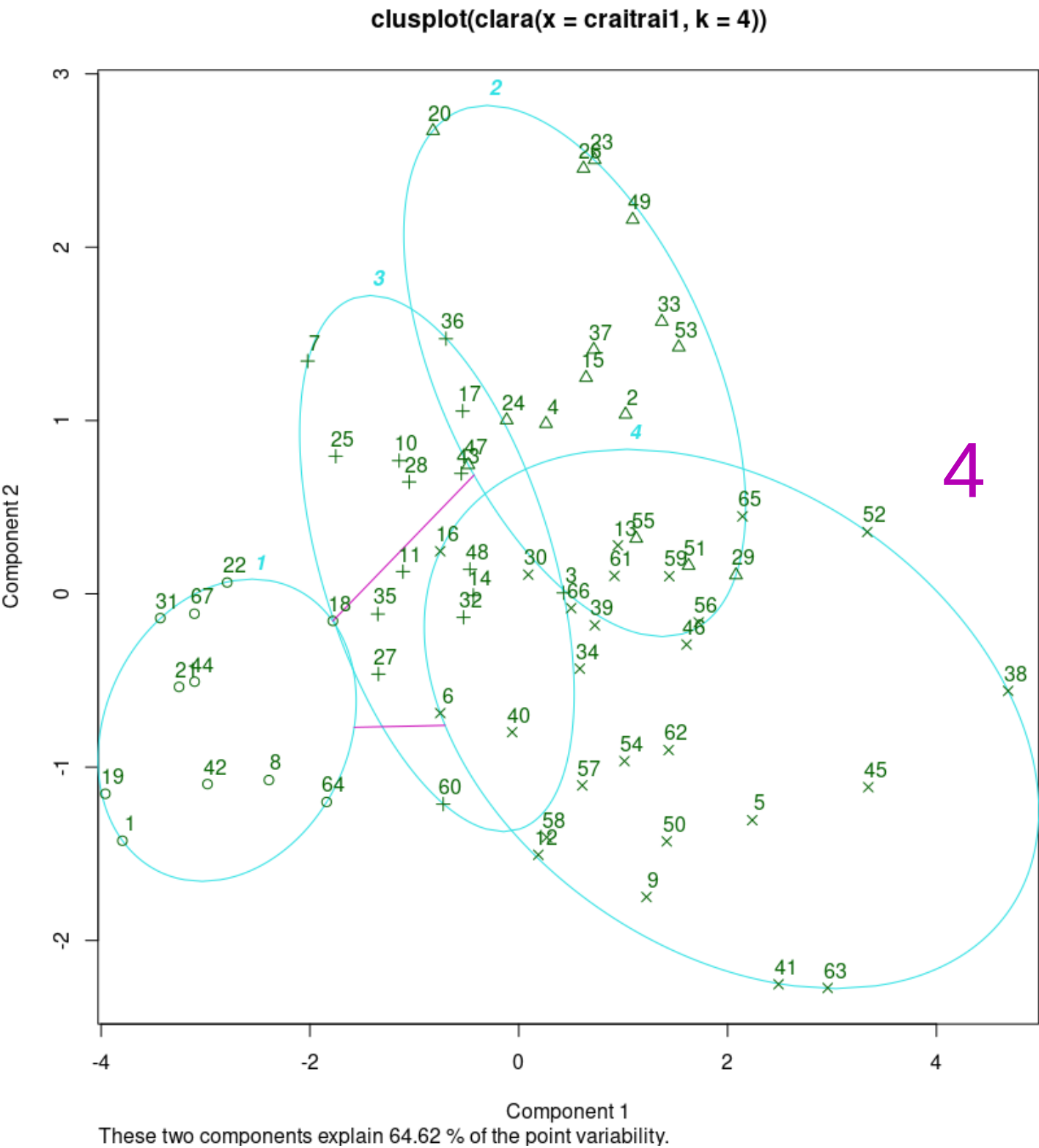
- qui travaillent beaucoup
- peu d'intérêt pour les activités complémentaires qui visent à soutenir leur compréhension



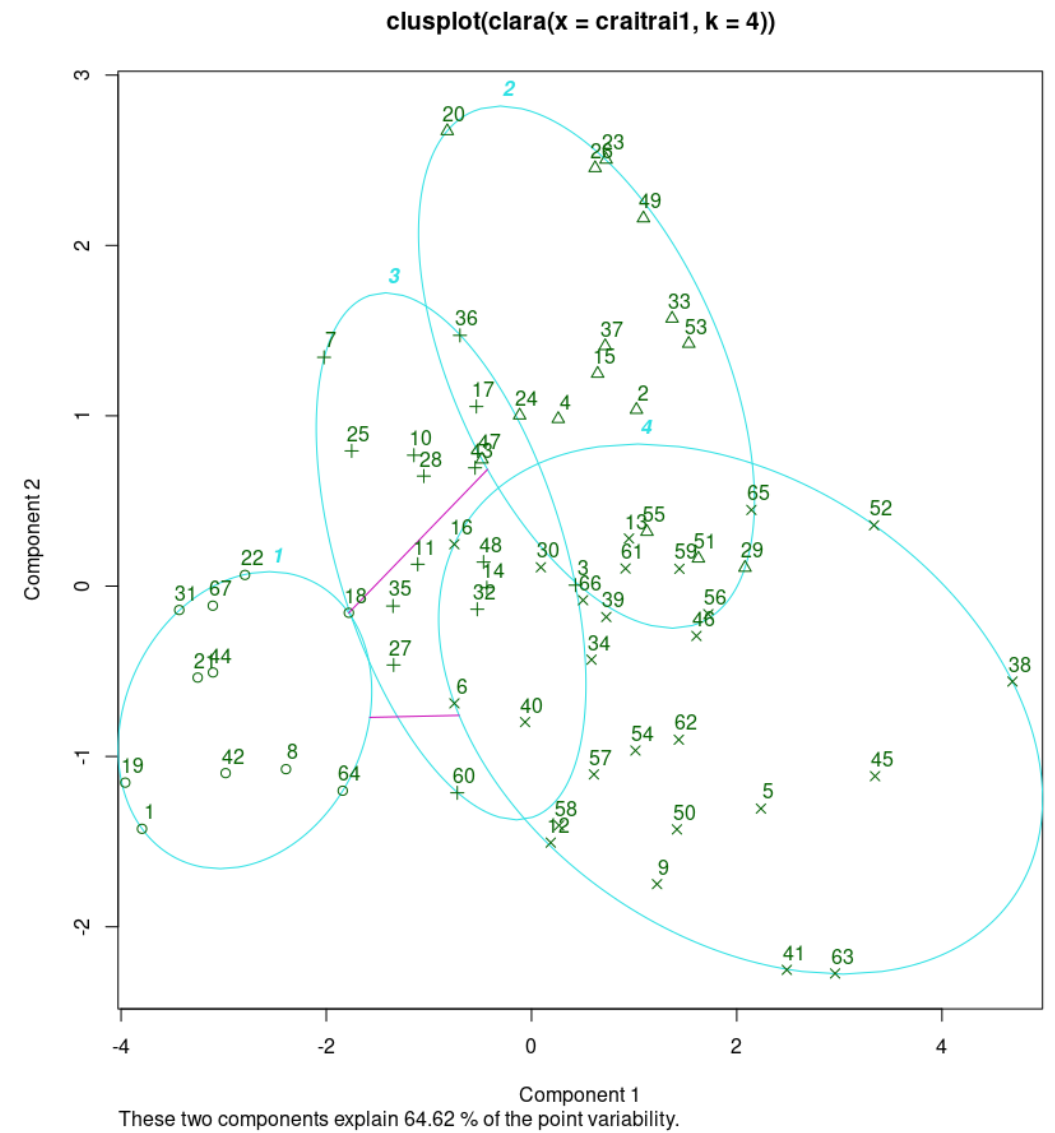
	Cluster 2	Cluster 4
Temps de travail autonome	2h30	2h27
Exercices réalisés sur 9	5,1	4,5
Phases Q/R (-2 à +2)	0,2	0,6
Phases d'exercices (-2 à +2)	0,1	0,5

Etudiantes

- qui travaillent beaucoup
- plus en difficulté
- apprécient les activités complémentaires pour soutenir leur compréhension

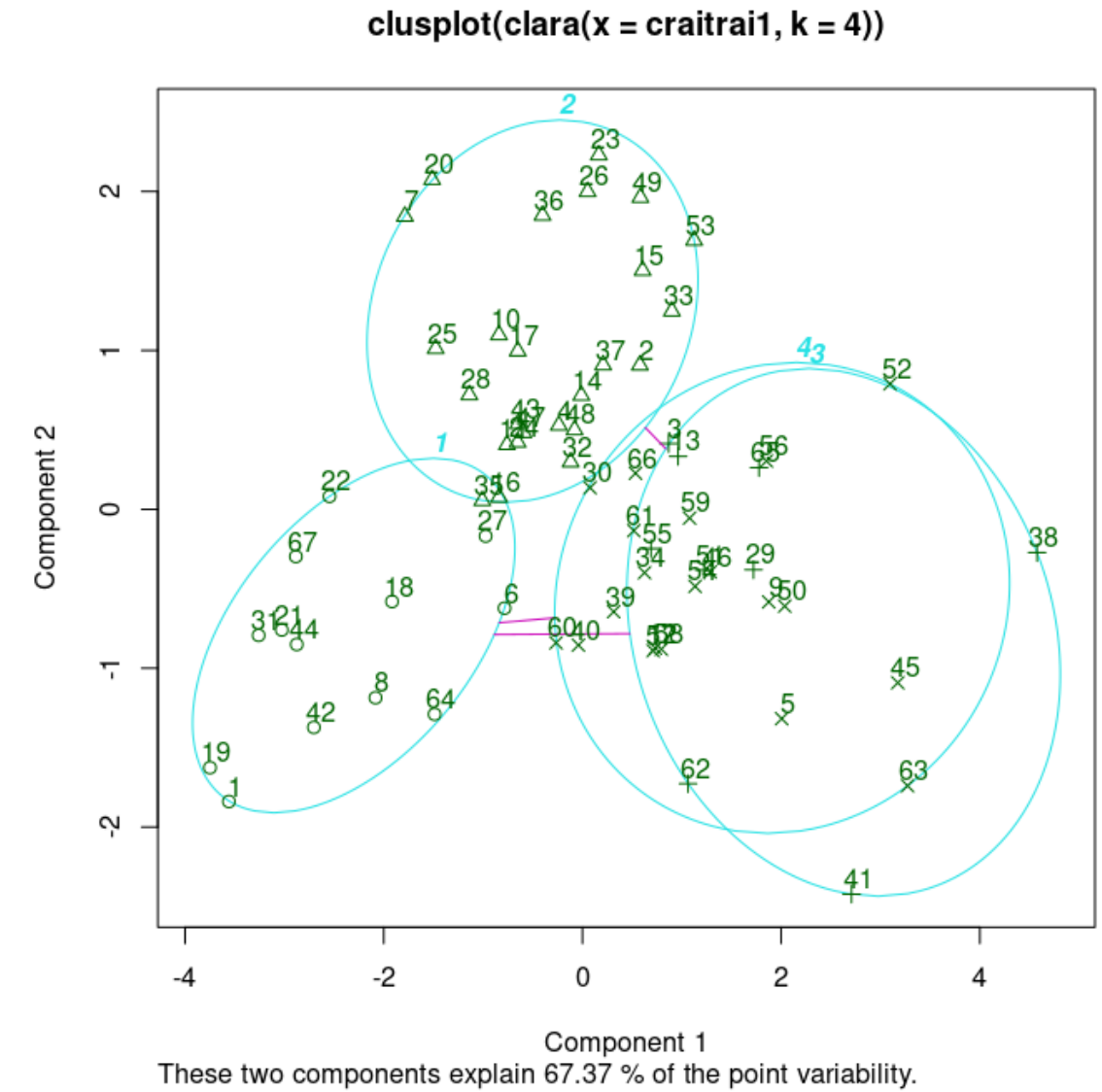


ACP en incluant l'objectif : «capacités maxi»



	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
nombre d'étudiants	11	15	15	26
Temps moyen de travail en dehors des cours	-1.66	0.49	-0.05	0.45
Nombre total de pages lues	-1.17	0.28	-0.14	0.41
Nombre total de capacités validées	-1.00	1.06	-0.88	0.32
Efficacité perçue moyenne de la phase de questions / réponses	-0.72	-0.65	-0.59	1.02
Efficacité perçue moyenne de la phase de 1-4-tous	-0.38	0.19	-0.62	0.41
Efficacité perçue moyenne de la phase de travail sur les exercices	-0.65	-0.41	-0.30	0.69
Nombre total d'exercices réalisés	-1.76	0.70	0.02	0.32

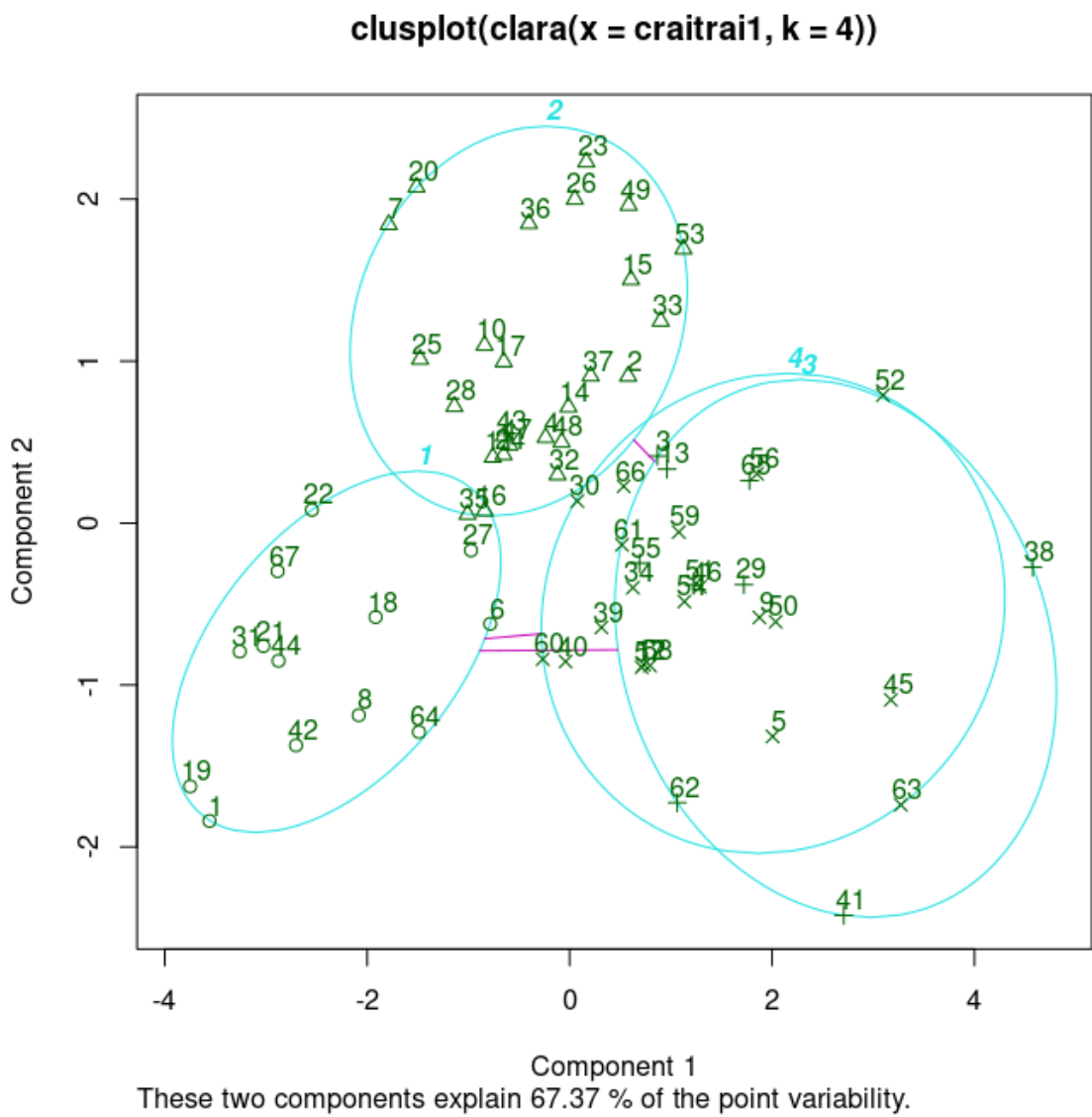
Sans l'objectif «capacités maxi»



Cluster 1	cluster2	cluster3	Cluster 4
13	25	9	20
-1.53	0.23	0.71	0.38
-0.88	0.86	0.15	0.39
0.15	1.04	1.56	1.1
-0.48	-0.71	-0.39	1.09
-0.38	-0.49	1.92	0.01
-0.69	-0.51	0.52	0.86
-1.64	0.33	0.76	0.30

	Cluster 2	Cluster 3'
Temps de travail autonome	2h30	2h40
Exercices réalisés sur 9	5,1	5,2
Phases Q/R (-2 à +2)	0,2	0,4
Phases d'exercices (-2 à +2)	0,1	0,5

Sans l'objectif «capacités maxi»



Cluster 1	cluster2	cluster3	Cluster 4
13	25	9	20
-1.53	0.23	0.71	0.38
-0.88	0.86	0.15	0.39
0.15	1.04	1.56	1.1
-0.48	-0.71	-0.39	1.09
-0.38	-0.49	1.92	0.01
-0.69	-0.51	0.52	0.86
-1.64	0.33	0.76	0.30

Appropriation par les étudiantes : 3 moments

Présentation en début d'enseignement
des clusters de l'année passée



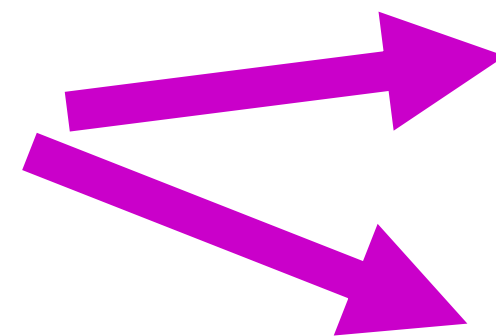
Influence sur leur choix de stratégie ?

Mesure des clusters à mi-parcours de
l'enseignement et identification
anonyme de chacun



Modifications des stratégies à mi-
enseignement ?

Mesure en fin d'enseignement



Evolution des stratégies en fonction des
années ?

Abandon des outils non
utilisés/pertinents ?

4. Conditions de transfert

L'enseignante doit accepter

- de proposer des **outils variés** de formation
- de laisser les étudiantes **choisir leur démarche**
- de **choisir des observables**
- de recueillir les données **anonymement** à chaque fin de séquence
- de **les rendre publiques** en cours d'enseignement
- d'**abandonner** des outils de formation «extrêmement performants»... mais **non utilisés** par les étudiant-e-s
- ...
- d'**expérimenter** sur **un seul de ses enseignements**, ou juste une partie d'un de ses enseignements

Conclusion

- L'analyse en composante principale permet de dégager des stratégies d'apprentissage pertinentes, **sans avoir besoin d'un groupe témoin** et en faisant **varier plusieurs paramètres simultanément**
- La rétroaction vers les étudiantes de la démarche d'analyse et de leur appartenance à un cluster est un élément essentiel pour un **recueil de données non biaisées**, car fournies par les étudiantes

Perspectives

- Appliquer la démarche à des **grands groupes** et des enseignements avec un **plus grand volume horaire**
- Suivre l'évolution des stratégies **au cours des années successives** pour un même enseignement

Nos remerciements

Aux membres de la **Chaire de Recherche-Action sur l'innovation pédagogique de l'université de Paris-Saclay**

Références bibliographiques

Foray, P. (2017). Autonomie. *Le télémaque*, (51), 19–28.

Génevaux, J.-M., & Pelat, A. (2012). Acoustic's 2012. Dans *Collaborative learning in an University*. <https://hal.science/hal-00686879>

Parmentier, J. , Virouleau, A., Février, T., Génevaux, J.-M., Riopel, M., Moyon, M., & Bégin, C., (2022) Training students to master the mathematical prerequisites for a university science curriculum, dans *Esera 2021*, 1269-1274, https://www.esera.org/wp-content/uploads/2023/02/CNF21-Proceedings_Strand-17_p.1259-1351.pdf

Pelat, A., Génevaux, J.-M., Gougeon, S., Dalmont, J.-P., & Joly, N. (2013). Leur remonter les bretelles avant l'examen ou leur faire passer des ceintures ?... De quoi donner des boutons ! Dans *21ème Congrès Français de Mécanique*. <https://hal.science/hal-00808331>

Potvin, P., & Hasni, A. (2018). Encouraging Students with Different Profiles of Perceptions to Pursue Science by Choosing Appropriate Teaching Methods for Each Age Group. *Res Sci Educ*, 48, 1339–1357. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9605-z>

Viau, R. (2009). *La motivation en contexte scolaire*. De Boeck.