

Entraînement et temps de réaction : analyse statistique de données obtenues par des élèves de première S

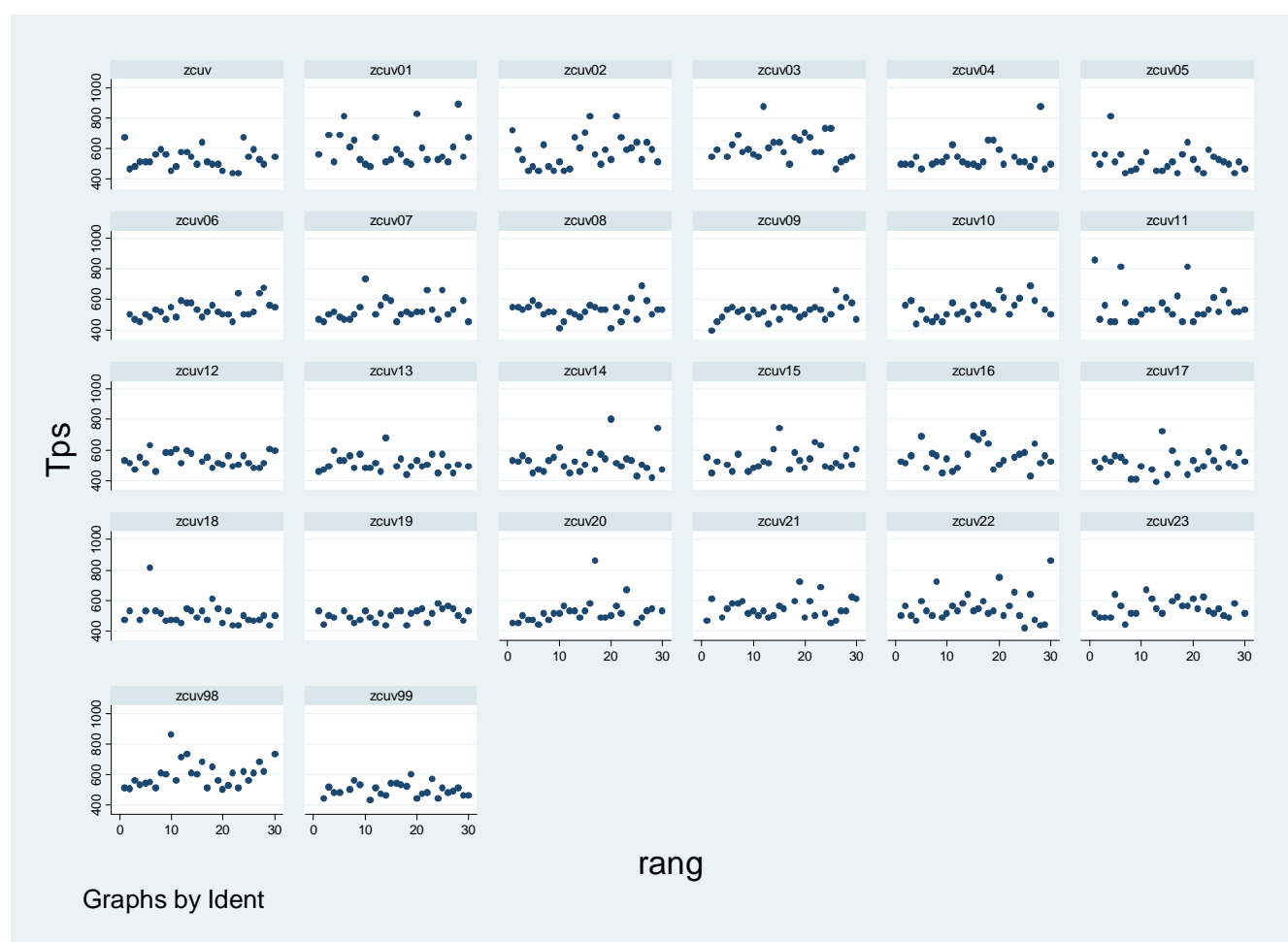
Valérie Fontanieu, IFE – ENS de Lyon
(expérimentation conduite en 2011)

Les élèves d'une classe de première S du Lycée Marie Curie à Echirolles ont comparé deux séries de mesures de leur temps de réaction au test de comparaison de figures proposé dans le logiciel Réaction, avant et après entraînement¹. Au cours de cette expérimentation visant à évaluer si l'entraînement permet d'améliorer le temps de réaction, chaque élève a recueilli deux séries de 30 mesures de son temps de réaction avant et après s'être entraîné pendant 15 jours, selon un protocole expérimental débattu en classe. Les séries réalisées lors des entraînements ont également été enregistrées. Les données ont été étudiées par les élèves en classe de SVT. Ce document présente une analyse statistique des données plus approfondie.

1 : Quelques résultats statistiques obtenus, exemple de quatre élèves :

Les résultats présentés ont été édités avec le logiciel Stata.

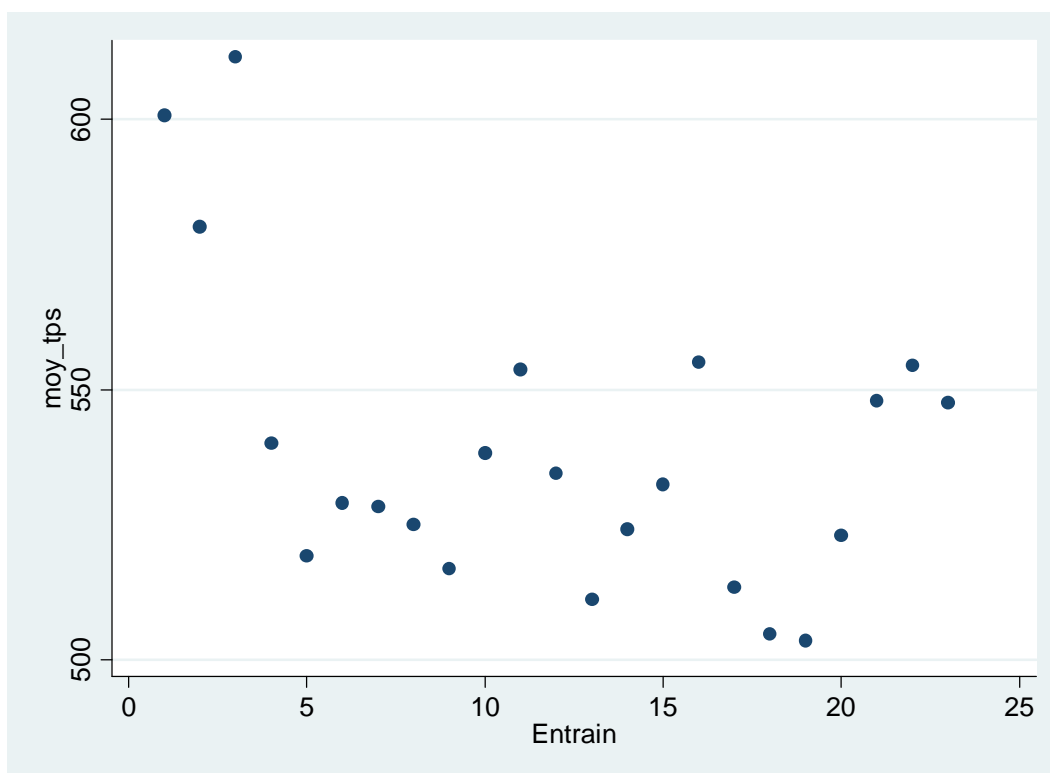
Elève ZCUV



Graphes de distribution des séries de temps de réaction (selon l'ordre d'apparition dans la série) - Entraînements numérotés de « 00 » à « 23 », série avant entraînement « 98 » et série après entraînement « 99 »

¹ Pour plus de détails sur la séance (objectifs pédagogiques, déroulement, productions des élèves...) voir <http://acces.ens-lyon.fr/acces/ressources/neurosciences/temps-de-reaction-investigation-variabilite-et-traitements-statistiques-des-donnees/enseigner-1/entraînement-et-temps-de-reaction/>

Evolution des temps de réaction moyens au fil des entrainements :



Graphes des temps de réaction moyens des entrainements successifs (moyenne des différentes séries de temps de réaction)

Résumés numériques des séries de mesures avant et après entrainement :

	N	min	max	median	mean	sd
zcuv98	29	501	861	601	599.5517	85.23144
zcuv99	27	431	601	490	497.8889	43.18238

Les erreurs et les oublis ne sont pas pris en compte (diminution du nombre d'observations fixé à 30 pour la réalisation des séries).

Intervalle de confiance des moyennes au niveau de confiance 95% :

	[95% Conf. Interval]	
zcuv98	567.1314	631.972
zcuv99	480.8065	514.9713

Les intervalles de confiance au niveau 95% étant disjoints, les moyennes diffèrent significativement².

Tests d'hypothèses :

Différents tests ont été réalisés. Les niveaux de signification des tests obtenus sont inférieurs à 1% (p-valeurs < 0.01) pour les cas de rejet de l'hypothèse.

- Le test de Shapiro-Wilk³ appliqué aux deux séries de mesures aboutit au rejet de l'hypothèse de normalité pour la série réalisée avant entrainement (on observe un étalement des valeurs hautes), au non rejet pour la série après entrainement
- Le test de Fisher⁴ aboutit au rejet de l'hypothèse d'égalité des variances
- Le test de Student⁵ aboutit au rejet de l'hypothèse d'égalité des moyennes

² La comparaison des intervalles de confiance est utilisée ici comme procédure de comparaison des moyennes : http://www.statistix.fr/IMG/pdf/remarques_test_et_IC.pdf

³ Test de normalité de la distribution d'un échantillon (adéquation à la loi normale).

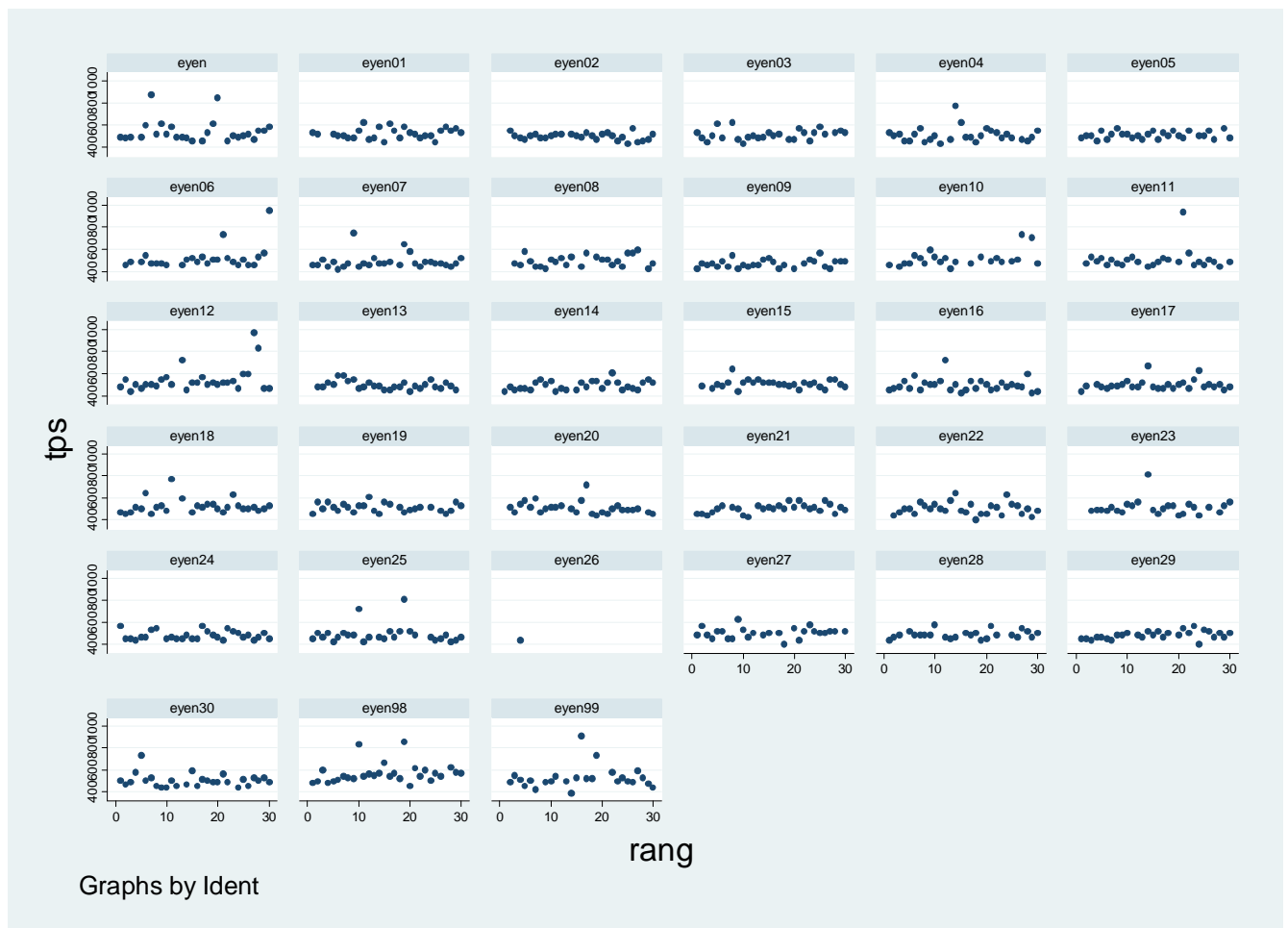
⁴ Test d'égalité des variances de deux échantillons.

- Enfin, le test de Wilcoxon⁶ aboutit au rejet de l'hypothèse d'égalité des distributions.

Pour cet élève, l'analyse des résultats statistiques tend à montrer différents effets de l'entraînement :

- Une diminution des temps de réaction après entraînement est suggérée par la diminution des valeurs des différents résumés numériques (moyenne, médiane, min, max) et par le fait que les intervalles de confiance de la moyenne sont disjoints. Le test de Student conduit au rejet de l'hypothèse d'égalité des moyennes, cependant les conditions de validité du test ne sont pas réunies (normalité et égalité des variances). Le résultat du test non paramétrique de Wilcoxon (absence de conditions sur la distribution des valeurs) traduit des valeurs inférieures après entraînement (la somme des rangs des valeurs de la série après entraînement est inférieure à la somme des rangs de la série avant entraînement).
- Une diminution de la variabilité des temps de réaction est suggérée par le résultat du test de Fisher qui conduit à rejeter l'hypothèse d'égalité des variances. Cependant se pose la question de la robustesse du test face à la non normalité d'une distribution. Le test de Shapiro-Wilk indiquant une distribution Normale après entraînement (les valeurs hautes sont moins étalées), peut en revanche constituer un autre argument en faveur d'un effet bénéfique de l'entraînement sur la régularité des temps de réaction.
- En revanche un nombre quelque peu supérieur d'erreurs/oublis a été totalisé après l'entraînement, ce qui pourrait évoquer une moindre performance ou une baisse de concentration. Cet aspect n'a pas été évalué dans cette étude.

Elève EYEN

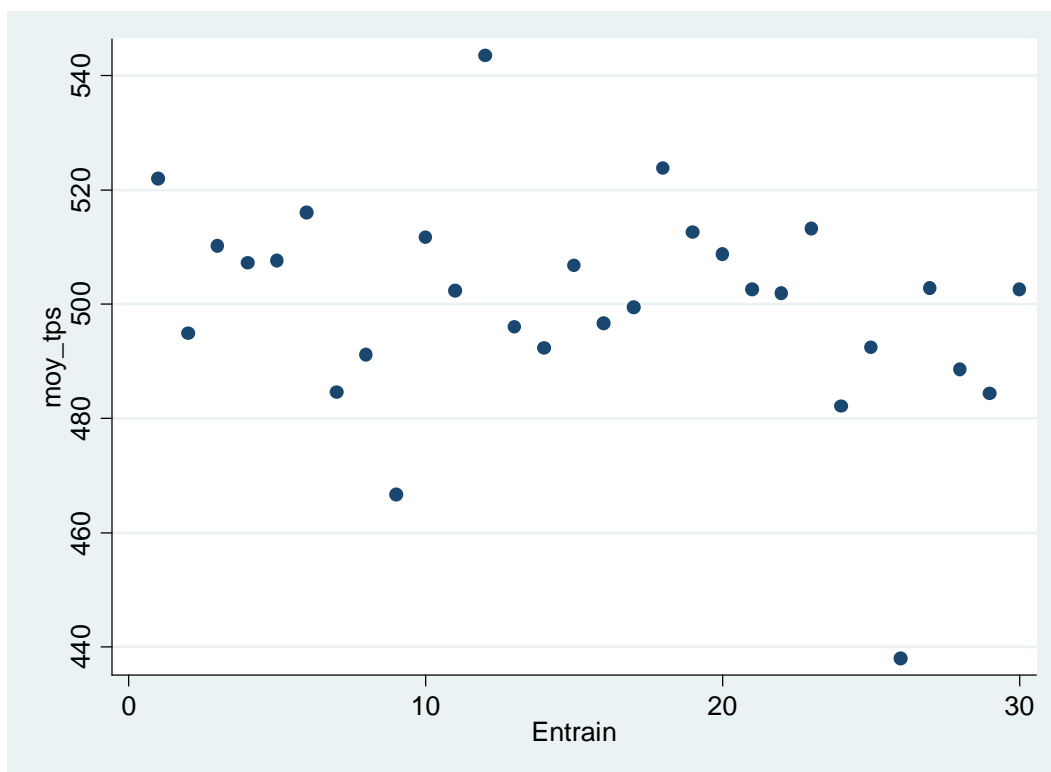


Graphes de distribution des séries de temps de réaction

⁵ Test d'égalité des moyennes de deux échantillons.

⁶ Test d'égalité des distributions de deux échantillons.

Evolution des temps de réaction moyens au fil des entrainements :



Graphe des temps de réaction moyens des entrainements successifs

Résumés numériques des séries test avant et après entrainement :

	N	min	max	median	mean	sd
eyen98	29	450	851	541	566.6897	89.36007
eyen99	25	390	911	501	526.4	102.7773

Intervalles de confiance des moyennes au niveau de confiance 95% :

	[95% Conf. Interval]	
eyen98	532.6989	600.6804
eyen99	483.9756	568.8244

Les intervalles de confiance à 95% ne sont pas disjoints.

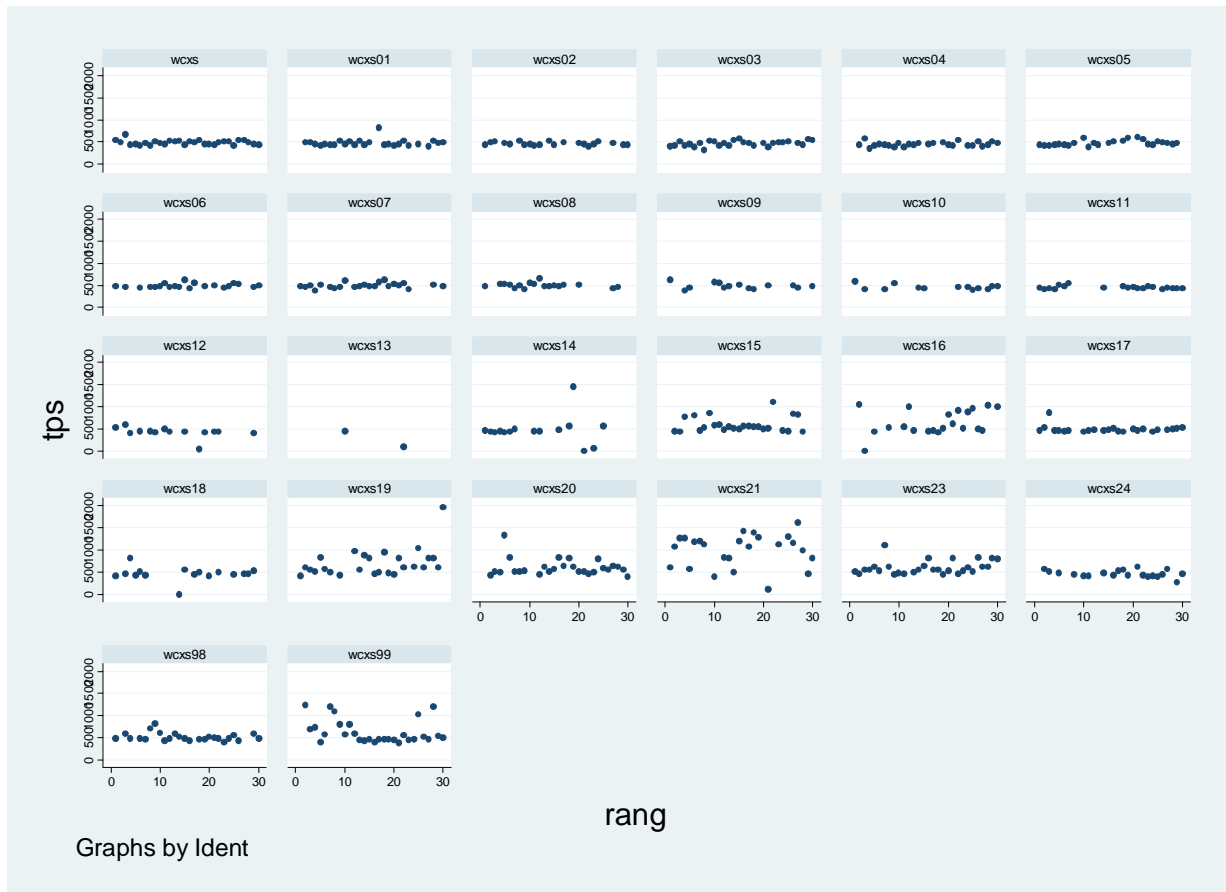
Tests d'hypothèses :

Les mêmes tests ont été réalisés.

- Le test de Shapiro-Wilk de normalité des distributions avant et après entrainement aboutit au rejet de l'hypothèse pour les deux séries
- Le test de Fisher ne permet pas de rejeter l'hypothèse d'égalité des variances
- Le test de Student ne permet pas de rejeter l'hypothèse d'égalité des moyennes
- Le test de Wilcoxon n'aboutit pas au rejet de l'hypothèse d'égalité des distributions

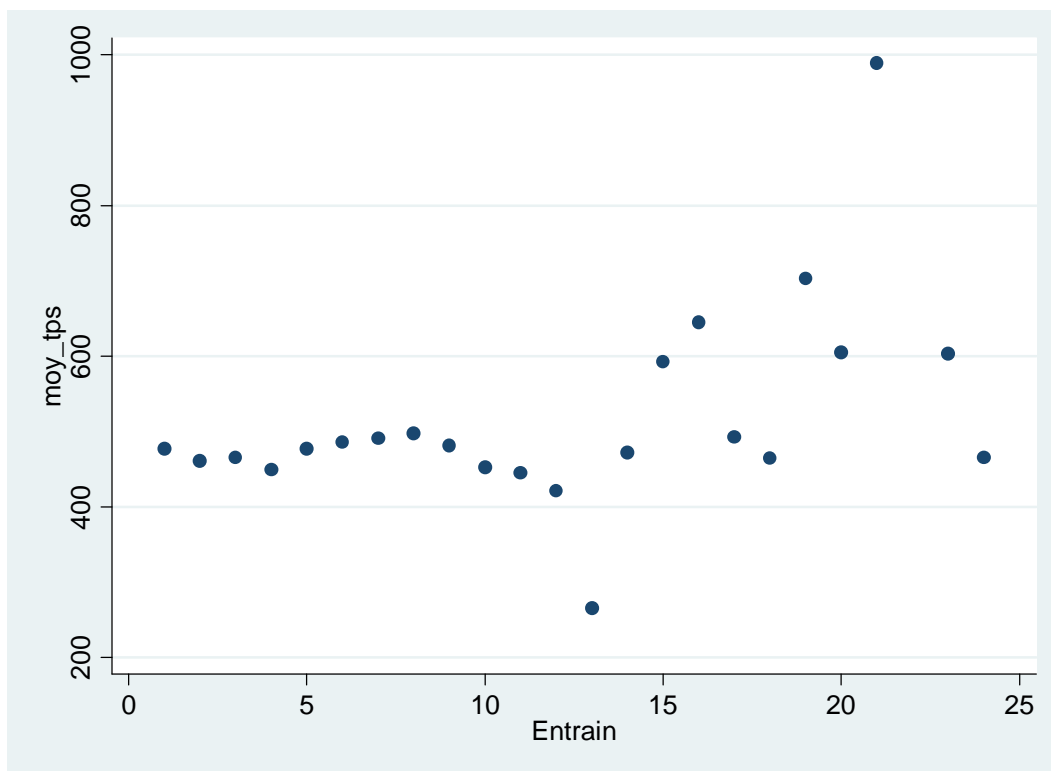
Dans le cas de l'élève EYEN, différents indices tendent à montrer l'absence d'une progression des temps de réaction au cours des séries avant et après entraînement. Par ailleurs, visuellement le graphe des distributions des séries d'entraînement montre que certaines séries présentent une moins grande variabilité que celle réalisée après entraînement. Ces résultats pourraient s'expliquer par une diminution de concentration lors de certains tests ou par le désir d'avoir un bon « score » le jour du test final.

Elève WCXS



Graphes de distribution des séries de temps de réaction

Evolution des temps de réaction moyens au fil des entrainements :



Graphes des temps de réaction moyens des entrainements successifs

Résumés numériques des séries test avant et après entrainement :

	N	min	max	median	mean	sd
wcxs98	25	400	812	491	519	88.76749
wcxs99	29	391	1242	511	633.7241	266.5076

Intervalles de confiance des moyennes au niveau de confiance 95% :

	[95% Conf. Interval]	
wcxs98	482.3586	555.6414
wcxs99	532.3501	735.0982

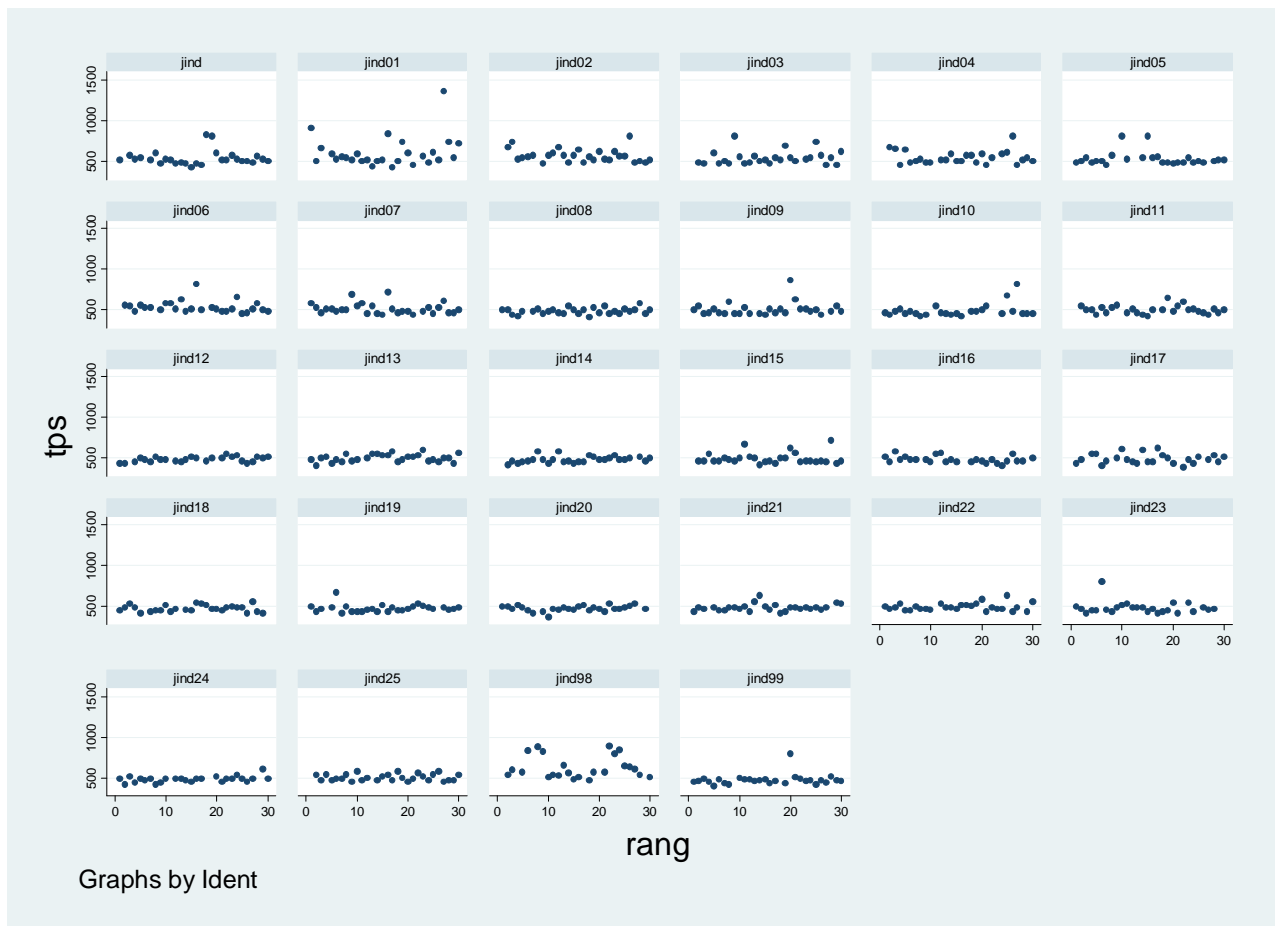
Les intervalles de confiance à 95% ne sont pas disjoints.

Tests d'hypothèses :

- Le tests de Shapiro-Wilk de normalité des distributions avant et après entrainement aboutit au rejet de l'hypothèse de normalité pour les deux séries
- Le test de Fisher aboutit au rejet de l'hypothèse d'égalité des variances
- Le test de Student aboutit au rejet de l'hypothèse d'égalité des moyennes
- Le test de Wilcoxon ne permet pas de rejeter l'hypothèse d'égalité des distributions

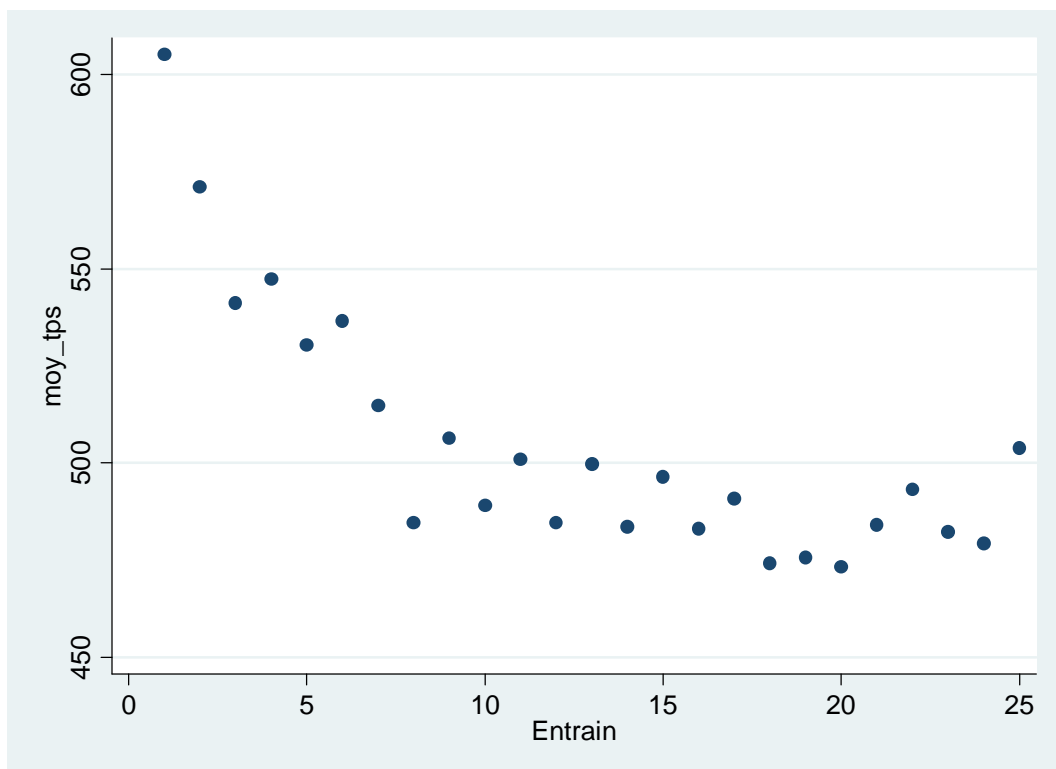
L'élève WCXS présente des résultats contradictoires avec l'hypothèse d'une diminution des temps de réponse après entrainement. On remarque sur les graphes que les dernières séries d'entrainement dévoilent des temps de réponses dispersés comparativement aux premières séries. Cette diminution de « performance » semble indiquer que l'élève n'a pas toujours réalisé les séries sérieusement ou dans les mêmes conditions.

Elève JIND



Graphes de distribution des séries de temps de réaction

Evolution des temps de réaction moyens au fil des entrainements :



Grphe des temps de réaction moyens des entrainements successifs

Résumés numériques des séries test avant et après entrainement :

	N	min	max	median	mean	sd
jind98	24	471	892	571	628.5	138.8609
jind99	28	401	801	465.5	474.2143	69.41574

Intervalles de confiance des moyennes au niveau de confiance 95% :

	[95% Conf. Interval]	
jind98	569.8642	687.1358
jind99	447.2977	501.1309

Les intervalles de confiance à 95% sont disjoints.

Tests d'hypothèses :

- Le test de Shapiro-Wilk aboutit au rejet de l'hypothèse de normalité pour la série avant entrainement et au non rejet pour la série après entrainement en ôtant la valeur au rang 20 (valeur atypique)
- Le test de Fisher aboutit au rejet de l'hypothèse d'égalité des variances
- Le test de Student aboutit au rejet de l'hypothèse d'égalité des moyennes
- Le test de Wilcoxon aboutit au rejet de l'hypothèse d'égalité des distributions

Les résultats observés pour l'élève JIND aux tests avant et après entrainement conduisent à une conclusion semblable à celle de l'élève ZCUV (premier élève). De plus, les graphes de distribution des séries et d'évolution des moyennes montrent nettement une diminution de la variabilité des temps de réponse et une diminution des temps moyens au fil des entrainements.

2 : Que peut-on dire des résultats d'ensemble pour la classe (au vu des données recueillies) ?

Si l'on considère les élèves de la classe comme un échantillon d'une population plus grande, peut-on dire s'il existe un effet de l'entrainement sur les temps de réponse à l'échelle de cette population ?

Pour mesurer l'effet de l'entrainement, différents points de vue peuvent être considérés : obtenir un temps moyen plus faible signifie une plus grande rapidité globale, un écart-type plus faible une meilleure régularité... d'autres comparaisons d'indicateurs comme le minimum de la série pourrait aussi traduire une meilleure performance.

Par ailleurs il doit exister un seuil en dessous duquel il n'est plus possible d'obtenir des temps plus courts (seuil physiologique correspondant au temps minimal de transport et traitement des messages nerveux impliqués).

Pour évaluer un effet de l'entrainement au niveau de la classe, la prise en compte des individus dans l'analyse permet de considérer les conditions de recueil du dispositif expérimental (des séries de 30 mesures, opérées par 24 élèves) et des différences entre individus (habitude ou non des jeux sur écran, ...).

Une analyse des données d'ensemble de la classe de type analyse de la variance (influence de facteurs sur la moyenne des temps de réaction), prenant en compte un effet élève, un effet entrainement et l'interaction de ces deux effets, tend à mettre en évidence (mais égalité des variances non vérifiée) un effet de l'élève (temps de réaction global moyen différent selon l'élève), de l'entrainement (diminution du temps de réaction après entrainement) ainsi que de l'interaction élève et entrainement (effet différencié de l'entrainement sur le temps de réaction selon l'élève). Cependant ce modèle testé (influence des deux facteurs et interaction) ne permet d'expliquer qu'une faible part de la variance globale des temps de réaction. L'autre part peut s'expliquer par les fortes variances des temps de réaction de chaque individu (variabilité intra-individuelle). Une analyse de la variance des temps moyens (chaque individu n'est plus représenté que par deux valeurs : son temps moyen aux deux séries avant et après entrainement) vient conforter l'hypothèse d'un effet de l'entrainement sur les temps moyens ainsi que d'un effet élève (variabilité inter-individuelle).