

# Un exemple d'analyse implicative en psychologie : la comparaison de groupes contrastés.

Tarek Bellaj\*, Daniel Pasquier\*\*

\*Université de Tunis

Faculté des Sciences Humaines et Sociales de Tunis  
Unité de Recherche « Psychopathologie Clinique » (URPC), Tunis  
tarekbellaj@gmail.com

\*\*15, rue du Grand Carré F-45800 Saint-Jean de Braye  
Unité de Recherche « Psychopathologie Clinique » (URPC), Tunis  
dpasquier@avenireentreprise.fr  
<http://www.avenireentreprise.fr>

## 1 Introduction

La psychométrie classique utilise des indices de liaisons entre variables qui sont symétriques. Par exemple, la corrélation entre a et b sera la même que celle entre b et a. Ou bien, dans une analyse de régression multiple, chacune des variables peut prendre indifféremment le statut de variable expliquée ou de variable explicative. Il en résulte l'impossibilité de déterminer si c'est a qui implique b ou l'inverse : un lien symétrique ne peut pas être un lien de causalité. Il est impossible d'ordonner des corrélations entre variables en séquence implicative. Pour atteindre cet objectif il convient de faire appel à des indices de liaisons qui ne soient pas symétriques. L'analyse implicative des données offre une possibilité d'atteindre cet objectif d'ordonnement séquentiel des variables. Dans ce chapitre, nous présenterons un exemple de recours à ce type d'analyse pour comparer des groupes contrastés.

Il s'agit d'une étude neuropsychologique comparant les performances d'un groupe de sportifs commotionnés à un groupe de sportifs de contrôle. Le choix de cet exemple revient à ce qu'offrent les paradigmes neuropsychologiques en termes d'associations, de dissociations et de causalité. En fait, en neuropsychologie de l'adulte, il s'agit généralement de troubles acquis qui s'inscrivent dans le temps par rapport à un ou des événements lésionnels particuliers (traumatique, vasculaire, tumoral, dégénératif, inflammatoire etc.). Parmi ces événements lésionnels, l'étiologie traumatique a été choisie du fait qu'elle s'inscrit le mieux dans le temps et du fait que l'événement traumatique permet de distinguer une période et des caractéristiques personnelles pré-morbides et une période et des changements personnels cognitifs et émotionnels post lésionnel évaluables ici et maintenant. La quasi-totalité des travaux scientifiques s'accorde sur l'existence d'une relation temporelle linéaire entre événement lésionnel, lésion ou altération fonctionnelle et troubles neuropsychologiques. Or, une analyse implicative plus dynamique peut apporter de nouveaux éclairages sur la question. Des difficultés neuropsychologiques infra-cliniques pré-morbides peuvent précipiter l'événement lésionnel traumatique. Les performances évaluées ici et maintenant ne reflèteraient par uniquement les conséquences de la lésion mais permettraient de développer

des inférences quant à leur valeur implicite et relative comme facteur participant à l'avènement traumatique.

L'intérêt de ce texte ne se situe pas dans les résultats pour eux-mêmes, mais dans les perspectives ouvertes par la démarche utilisée.

## **2 Méthode**

Après une présentation rapide de la population, le choix des variables du réseau nomologique sera explicité. On passera ensuite à la présentation de l'analyse implicite et des possibilités du logiciel utilisé, CHIC - classification hiérarchique implicite et cohésive - (Couturier et Gras, 2005).

### **2.1 Population d'étude**

La population est composée de 40 sujets sportifs de haut niveau distribués dans deux groupes contrastés, 20 sportifs commotionnés au cours de leur activité sportive composant le groupe expérimental - Gexpé -, et 20 sportifs indemnes de tout traumatisme cérébral composant le groupe témoin - Gtém -. Tous ces sportifs étaient consentants et informés de toutes les modalités de notre recherche (objet de l'étude, sa finalité, le déroulement du testage, etc...).

#### **2.1.1 Le groupe expérimental**

Les 20 sportifs de l'élite tunisienne ayant subi une commotion cérébrale complexe sont répartis comme suit : 10 boxeuses, 3 boxeurs et 7 joueurs de rugby. Leur âge moyen est de 20,3 ans ( $\sigma = 2,07$ ). 35% de ces sportifs ont un niveau de scolarité supérieur, 65% un niveau secondaire. Tous ont participé à un entretien portant sur l'historique de la commotion cérébrale (nombre, mécanisme, etc.) et ont subi l'administration de l'échelle des symptômes post-commotionnels (McCrory et al., 2005). Ne sont retenus dans ce groupe que les sportifs répondant aux critères d'inclusion et d'exclusion suivants :

Les critères d'inclusion dans le Gexpé sont les suivants : avoir subi une commotion cérébrale en milieu sportif définie comme l'occurrence d'un ou de plusieurs des symptômes suivants : suite à un coup à la tête, altération des fonctions mentales, présence d'une perte de connaissance, désorientation, amnésie rétrograde et/ou antérograde, ou l'un des symptômes subjectifs post-commotionnels (céphalées, intolérance à la lumière ou au bruit, nausée ou vomissement ou vertiges) ; présenter une commotion cérébrale de type complexe qui renvoie à l'existence de l'un ou de plusieurs, des symptômes comme la perte de connaissance supérieure à une minute, convulsion post-commotionnelle, persistance des symptômes post-commotionnels au-delà de 10 jours. Le sportif ne présente aucune lésion anatomique constante démontrable par la neuropathologie ou l'imagerie cérébrale.

Les critères d'exclusion sont les suivants : sportifs commotionnés dont la durée de l'amnésie post-traumatique est supérieure à une heure ou dont la durée de la perte de connaissance est supérieure à 30 minutes ; sportifs commotionnés suite à un traumatisme autre qu'en milieu sportif ; sportifs commotionnés avec une durée post-commotionnelle inférieure à 3 mois ; sportifs commotionnés présentant un trouble neurologique prémorbide

(traumatisme crânien antérieur modéré ou sévère, épilepsie, etc.), ou un trouble psychiatrique avéré (dépression, anxiété généralisée, stress post-traumatique, etc.).

### **2.1.2 Le groupe témoin**

Le groupe témoin est apparié au groupe expérimental quant à l'âge, au sexe et au niveau d'instruction. Il est composé de 20 sportifs de l'élite nationale pratiquant des sports avec un moindre risque de contact (10 handballeuses et 10 sportifs pratiquant l'athlétisme). Ce groupe comprend 11 femmes et 9 hommes. La moyenne d'âge est de 20,2 ans ( $\sigma = 1,67$ ). Parmi les membres du groupe des témoins, 35% ont un niveau de scolarité supérieur et 65% un niveau secondaire.

Les sujets exclus du groupe sont ceux qui présentent ou qui ont pu présenter l'un des critères d'exclusion du groupe expérimental, ainsi que les sujets ayant relaté des antécédents traumatiques, neurologiques et/ ou psychiatriques.

## **2.2 Matériel**

Il a été proposé aux 40 sujets de passer différents tests et questionnaires donnant chacun un ou plusieurs scores. L'évaluation s'est déroulée individuellement pour tous les sujets au Centre National de la Médecine et des Sciences du Sport ou dans des lieux de stage. La passation a pris environ une heure et quarante-cinq minutes.

### **2.2.1 Le Test tunisien d'apprentissage verbal (T.T.A.V.)**

Ce test d'apprentissage verbal est directement inspiré des tests les plus utilisés dans l'examen des fonctions mnésiques tels que le Test des 15 mots de Rey (1964), le Test d'apprentissage verbal de Californie de Delis et *al.* (1987), ou encore le Test d'apprentissage verbal Hopkins de Benedict et *al.* (1998). Le T.T.A.V. permet de mesurer les capacités mnésiques du sujet dans des conditions standard, dans le but d'observer dans quelle mesure celui-ci est capable de mettre en place spontanément des stratégies efficaces d'encodage, de stockage et de récupération. Le matériel est composé de deux listes de mots (liste 1 et liste 2) comportant chacune 15 mots. La liste 1 est composée de 15 mots appartenant à trois catégories sémantiques différentes (fruits, vêtements, épices et herbes). La liste 2 comprend aussi 15 mots appartenant à 2 catégories non communes à la liste 1 (ustensiles de cuisine et légumes) et une catégorie commune à la liste 1 (fruits). La présentation de cette deuxième liste permet de mesurer la sensibilité du sujet à l'interférence proactive, c'est-à-dire la difficulté à apprendre un nouveau matériel en raison de l'apprentissage préalable d'un autre matériel. Chaque catégorie est représentée par 5 mots.

Tous les mots ont un rang de fréquence d'apparition dans la catégorie allant de 6 à 20, dans un ordre invariable d'un essai à l'autre. L'administration du T.T.A.V. comprend trois présentations et rappels immédiats de la liste 1 suivis de deux présentations et rappels de la liste 2. La phase qui suit comporte un rappel libre de la liste 1 puis un rappel indicé de la liste 1. Après vingt minutes on procède à un rappel différé de la liste 1 et à un rappel différé indicé de la liste 1. Le test se termine par une tâche de reconnaissance où les 15 mots de la liste 1 sont entremêlés, d'une manière désordonnée, avec 30 mots distracteurs comportant 9 items de la liste 2, 9 items prototypiques des catégories utilisées dans la liste 1, 6 items phonétiquement proches des items de la liste 1 et 6 items non liés (ni phonétiquement, ni

sémantiquement) aux items d'apprentissage des deux listes. Quatre indices de rappel et un indice de reconnaissance sont retenus. Il s'agit du nombre total de mots corrects rappelés, du nombre de répétitions, du nombre d'intrusions, du taux de groupements sémantiques dans les trois premiers rappels et de l'indice de discriminabilité dans la tâche de reconnaissance.

### 2.2.2 Le Test de Gestion des Ressources Attentionnelles (T.G.R.A)

Le Test de gestion des ressources attentionnelles de Pasquier est une épreuve inspirée du *5-Digit test* (ou *Digital Stroop*) de Sedó (1998a, 1998b) dans lequel l'auteur a remplacé les mots du test de Stroop par des chiffres afin de contourner les difficultés de lecture ou l'analphabétisme de certains sujets nord-américains. Toutes les données de la passation sont enregistrées dans un fichier .dat en arrière plan. Un développement sous Excel permet de choisir les données qu'on souhaite extraire, présenter et analyser. Sa validité a été vérifiée par Bellaj, Pasquier et Van Dam (2005) : le quotient attentionnel produit - QA - est en lien positif avec la mémoire à court terme, le facteur général d'intelligence, le temps d'inhibition au Stroop et en lien négatif avec une échelle de dépression. Un module d'entraînement en temps libre permet de familiariser le sujet avec la tâche et le temps de passation du module de test est limité à 10 minutes (contrainte de gestion de temps), le sujet devant produire le maximum de réponses justes (contrainte de rapidité du traitement de l'information et de l'efficacité). Globalement, la tâche induite par le T.G.R.A évalue la gestion des ressources attentionnelles de la mémoire de travail qui sont mobilisées par la mise en oeuvre de fonctions exécutives impliquant des capacités d'inhibition et de flexibilité mentale. La tâche répond à une consigne double : lire un chiffre quand il est présenté dans un cadre délimité par un trait simple, compter les chiffres quand le cadre de présentation est entouré d'un trait double (Fig. 1).

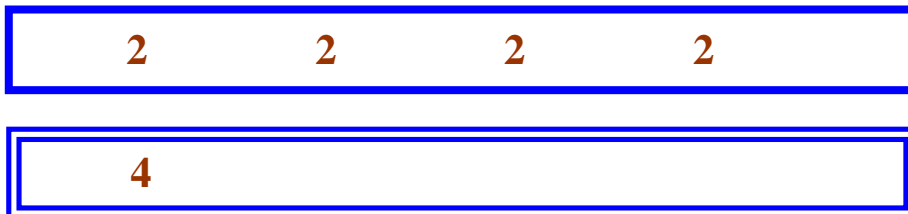


FIG. 1 – Exemple de cadre simple et de cadre double du T.G.R.A.

Parmi les multiples indices fournis par le test nous avons retenu l'indice QA (quotient attentionnel) qui combine vitesse et précision selon la formule  $QA = \frac{\text{nombre de bonnes réponses}^2}{\text{nombre de réponses traitées}}$ .

### 2.2.3 Le Test de classement de cartes de Wisconsin (W.C.S.T.)

Le W.C.S.T. peut être considéré comme une mesure du fonctionnement exécutif nécessitant l'élaboration et le maintien, dans des conditions changeantes, d'une stratégie appropriée de résolution de problèmes (Heaton et al., 2002). Le W.C.S.T. fait appel à la planification des stratégies de recherche d'informations structurées et requiert la prise en compte des rétroactions environnementales afin d'adapter le schéma de réponse qui est appliqué, et d'orienter le comportement vers la réalisation des objectifs tout en inhibant les

réponses impulsives (Welsh et Pennington, 1988). Le matériel est composé de 128 cartes représentant deux fois les 64 combinaisons des 4 attributs différents des dimensions de couleur (rouge, jaune, vert et bleu), de forme (carré, cercle, étoile et croix) et de nombre (1, 2, 3 ou 4) avec pour consigne de les placer une à une en dessous de l'une ou l'autre des cartes-stimuli selon le critère d'appariement qu'il juge être pertinent et à l'endroit où il pense que la carte devrait se trouver. Les quatre cartes de référence contiennent respectivement un triangle rouge, deux étoiles vertes, trois croix jaunes et quatre cercles bleus. Suite à chaque réponse du sujet, l'expérimentateur informe le sujet sur la justesse de sa réponse mais jamais sur le critère d'appariement attendu. Le sujet doit tenter de parvenir à un maximum de réponses correctes sans toutefois pouvoir corriger ses erreurs. Il doit donc se servir des rétroactions de l'examineur pour élaborer une nouvelle stratégie de classement. Nous avons retenu l'indice le plus utilisé dans la littérature qui est le nombre d'erreurs persévératives, soit tout classement effectué en fonction de la catégorie qui était correcte précédemment mais qui ne l'est plus actuellement.

#### **2.2.4 La tâche du temps de réaction simple (T.R.S.)**

Dans cette épreuve informatisée, on demande au sujet de réagir le plus rapidement possible à un stimulus cible apparaissant au centre de l'écran. Le stimulus est la lettre (X) ayant pour taille 1,5 cm, écrite en noir et présenté sur un fond blanc. Le sujet doit réagir à l'apparition du stimulus en appuyant sur la touche « X » du clavier. La disparition de la cible se fait immédiatement après l'appui sur le bouton réponse ou après 3000 ms en cas de non réponse. Cette tâche comporte quatre blocs d'items dont chacun est composé de 50 items avec dix intervalles différents inter-stimuli randomisés (250, 500, 750, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2250 et 2500 ms). A la fin de chaque bloc le sujet peut se reposer pendant quelques minutes. L'indice retenu est la médiane du temps de réaction aux différents essais.

#### **2.2.5 Les Matrices Progressives de Raven (P.M. 38)**

Les Matrices Progressives Standard (Raven, 1981) permettent d'apprécier le facteur g. Ce test comporte cinq séries de 12 problèmes de compléments de matrices. Le sujet a pour consigne de trouver les lois de progression, en ligne et en colonne, dans le but de découvrir laquelle des huit figures proposées correspond à la solution correcte. Ces problèmes sont de difficultés croissantes et doivent, selon la version, être réalisés en temps libre ou en temps limité.

#### **2.2.6 L'Echelle abrégée d'appréciation psychiatrique (BPRS 42)**

L'Echelle abrégée d'appréciation psychiatrique (Pichot et al., 1973) est une échelle catégorielle de type Likert dont la cotation peut aller de 1 (absent) à 7 (extrêmement important). Durant l'entretien, l'examineur essaye de relever l'état symptomatique et comportemental du sujet pour juger de la présence et de l'intensité des diverses dimensions explorées : paranoïde ou délirant-hallucinatoire, mélancolique ou dépressif, hystérique, maniaque, paranoïaque ou hostilité-méfiance, organique, phobique-obsessionnel, hébéphrénique ou psychopathique. Le score retenu est le score total de la symptomatologie psychopathologique (score BPRS 42).

## 2.3 Traitement des données

La première étape du traitement des données a eu pour objectif de déterminer lesquelles des variables pouvaient être retenues dans le réseau nomologique dans la mesure où elles se différencient selon les deux groupes de sujets, Gexpé et Gtém, en termes de taille de l'effet appréciée par le  $d$  de Cohen. On s'en est tenu aux préconisations de Corroyer et Wolff (2003, p. 243) qui, en référence aux propositions de Cohen (1977), proposent les limites suivantes : 0 à 0,35 effet négligeable ; 0,35 à 0,65 effet intermédiaire ; plus de 0,65 effet notable. La seconde étape propose une analyse en composantes des variables retenues dans le réseau nomologique afin d'en déterminer la structure. La troisième étape présentera l'analyse implicite des résultats.

## 3 Résultats :

### 3.1 Constitution du réseau nomologique :

La comparaison des résultats opposant les deux groupes de sujets, Gexpé et Gtém, a été menée pour chacun des scores produits par les différentes épreuves afin de déterminer lesquels d'entre eux différencient les deux groupes. Par exemple, pour la variable PM, après calcul des valeurs caractéristiques ( $m$ ,  $\sigma$  et  $n$ ) pour chacun des deux groupes (Tab. 1), on a considéré l'écart des moyennes (8 points), le  $d$  de Cohen (0,79), et la taille de l'effet (notable), ce qui a amené à retenir la variable PM comme variable différenciatrice des deux groupes, avec un avantage notable au groupe expérimental.

groupe	Gexpé	Gtém
$m$	34,50	42,50
$\sigma$	10,40	9,74
$n$	20	20

TAB. 1 - Valeurs caractéristiques de la variable PM.

A contrario la variable Score BPRS 42 n'a pas été introduite dans le réseau nomologique au vu d'un écart de |1,05|, d'un  $d$  de Cohen de 0,13 marquant un effet négligeable (Tab. 2).

groupe	Gexpé	Gtém
$m$	55,30	54,25
$\sigma$	8,43	7,46
$n$	20	20

TAB. 2 - Valeurs caractéristiques de la variable Score BPRS 42.

In fine, les variables ci-après ont été retenues pour constituer le réseau nomologique définitif. Pour quatre variables, le Gexpé obtient des scores moyens supérieurs à ceux du Gtém. Il s'agit du quotient attentionnel obtenu au Test de gestion des ressources attentionnelles (TGRA-QA ; 147,35 vs 150,45), du score aux Matrices Progressives de Raven (PM 38 ; 34,50 vs 42,50), du nombre total de mots rappelés dans les trois essais du

Test tunisien d'apprentissage verbal (Cor A tot ; 29,35 vs 31,45) et pour ce même test, l'indice de discriminabilité (Discrim ; -250,33 vs -170,89). Pour les autres variables, le Gexpé obtient des scores inférieurs à ceux du Gtém, ce qui traduit un niveau moindre de difficultés. Il s'agit du nombre de répétitions d'items dans les trois rappels au T.T.A.V. (REPET ; 6,90 vs 4,05), du nombre d'intrusions (Intru ; 1,50 vs 0,85), du nombre de groupements sémantiques produits (Gp\_sem ; 4,28 vs 3,47), ainsi que du temps de réaction simple (TRS ; 276,55 vs 261,70) et du nombre d'erreurs persévératives au Test d'assortiment d'images de Wisconsin (WCST-per ; 39,35 vs 32,15).

En d'autres termes, par rapport aux sportifs du Gtém, les sportifs commotionnés du Gexpé sont moins bons sur les indicateurs de performance et d'autre part ils éprouvent un niveau de difficulté plus marqué sur les indicateurs fonctionnels. On pourrait se contenter de ce profil différencié du Gexpé et du Gtém. On peut aller plus loin en recherchant la structure latente propre au réseau nomologique.

### 3.2 Structure du réseau nomologique :

Une première analyse factorielle donne le tableau des variances expliquées (Tab. 3).

Composante	Valeurs propres	Valeurs aléatoires	% de la variance	% cumulés
1	2,55	1,80	28,37	28,37
2	1,81	1,50	20,11	48,49
3	1,05	1,28	11,73	60,22
4	0,84	1,10	9,34	69,57
5	0,70	0,94	7,79	77,36
6	0,68	0,79	7,55	84,92
7	0,59	0,65	6,59	91,51
8	0,43	0,51	4,86	96,38
9	0,32	0,37	3,61	100

TAB. 3 - Analyse factorielle du réseau nomologique ; facteurs et valeurs propres. Méthode d'extraction : Analyse des principaux composants.

Trois facteurs présentent une valeur propre supérieure à 1, mais seulement deux de ces valeurs sont supérieures à des valeurs aléatoires<sup>1</sup>. Partant de là, une seconde analyse a été conduite par la méthode d'extraction du maximum de vraisemblance<sup>2</sup> avec rotation Oblimin et normalisation de Kaiser. La rotation a convergé en 12 itérations. Le test de qualité d'ajustement donne une valeur de khi-deux égale à 9,90 pour 19 d.d.l. et une signification de 0,95. Selon la matrice des types (Tab. 4), le premier facteur regroupe, selon un effet de taille, les variables nombre de groupements sémantiques (gp\_sem), nombre de répétitions (repet) et nombre d'intrusions (intru) ; le second facteur, bipolaire, oppose discrimination (discrim), total mots rappelés (cor a tot), quotient attentionnel (tgra-qa) et matrices progressives (pm) à nombre d'erreurs persévératives (wcst-per) et temps de réaction simple (trs). Ces deux facteurs sont négativement corrélés, de façon très modérée ( $r_{F1,F2} = -0,21$ ).

<sup>1</sup> Les valeurs aléatoires ont été calculées à l'aide de *RanEigen 2.0* (Enzmann, 2003).

<sup>2</sup> Cette méthode d'extraction présente l'avantage de proposer un indice d'ajustement entre données observées et modèle théorique.

Le premier facteur renvoie aux fonctions de contrôle exécutif en mémoire travail. Le facteur étant unipolaire, il apparait que le déploiement d'efforts et de stratégies de regroupements sémantiques n'est pas incompatible avec l'échec de contrôle des répétitions et des intrusions en mémoire de travail, les efforts de mise en place de stratégies cognitives pouvant traduire des efforts de compensation des difficultés de contrôle en mémoire de travail.

variables	Facteur 1: contrôle exécutif	Facteur 2: efficacité et fluidité
gp_sem	0,86	
repet	0,56	
intru	0,36	
discrim		0,76
cor a tot		0,72
tgra-qa		0,46
pm		0,45
wcst-per		-0,33
trs		-0,28

TAB. 4 - Matrice des types.

*Gtém* : groupe témoin, *Gexpé* : groupe expérimental ; *pm* : matrices progressives ; *tgra-qa* : quotient attentionnel ; *trs* : temps de réaction simple ; *wcst-per* : nombre d'erreurs persévératives ; scores au T.T.A.V. : *discrim* : discrimination, *cor a tot* : total mots rappelés, *GP\_sem* : nombre de groupements sémantiques, *repet* : nombre de répétitions, *intru* : nombre d'intrusions.

Le second facteur peut référer à l'efficacité et à la fluidité. Bipolaire, il oppose les variables d'efficacité mnésique discrimination (*discrim*) et total mots rappelés (*cor a tot*), d'efficacité attentionnelle (*tgra-qa*) et d'efficacité intellectuelle générale (*pm*) à des variables de flexibilité (*wcst-per*) et de vitesse de traitement (*trs*). Cette opposition renvoie au sens des scores exprimant des niveaux de performances ou bien des niveaux de difficultés.

On compare ensuite les scores factoriels moyens des deux groupes *Gexpé* et *Gtém*. Pour le facteur 1, facteur du contrôle exécutif, le *Gexpé* présente un score moyen positif ( $m=0,35$  ;  $\sigma=1,06$ ) alors que le *Gtém* présente quant à lui un score moyen négatif ( $m=-0,35$  ;  $\sigma=0,51$ ) ; cet écart de 0,70 point renvoie un  $d$  de Cohen de 0,84, soit un effet notable. Les résultats s'inversent pour le facteur 2, facteur de l'efficacité et de la fluidité, le *Gexpé* présentant un score moyen négatif ( $m=-0,38$  ;  $\sigma=0,74$ ) et le *Gtém* un score moyen positif ( $m=0,38$  ;  $\sigma=0,83$ ) ; dans ce cas, l'écart de 0,76 donne un  $d$  de 0,96, soit également un effet notable. A partir de ces valeurs on a pu situer les deux groupes sur le graphe factoriel (Fig. 2) : *Gtém* se projetant près des indicateurs de performances (efficacité et flexibilité), alors que *Gexpé* se projette du côté des difficultés du contrôle exécutif.

En résumé, par une approche classique on a mis en évidence un certain nombre de variables différenciant les sportifs commotionnés de ceux qui ne le sont pas. L'analyse factorielle du réseau nomologique a permis d'extraire la structure latente de ce réseau et de situer les deux groupes dans cette structure.



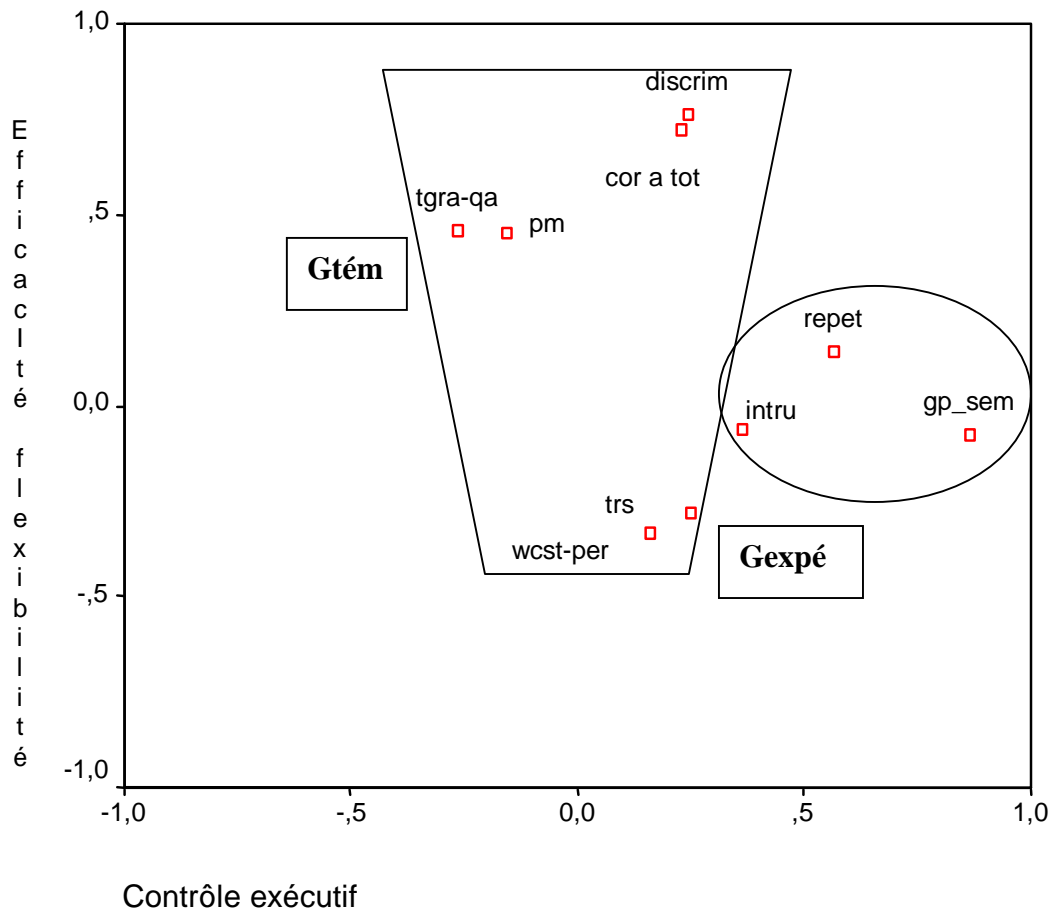


FIG. 2 – Graphe factoriel et groupes témoin (Gtém) et expérimental (Gexpé).

*Gtém* : groupe témoin, *Gexpé* : groupe expérimental ; *pm* : matrices progressives ; *tgra-qa* : quotient attentionnel ; *trs* : temps de réaction simple ; *wcst-per* : nombre d'erreurs persévératives ; scores au T.T.A.V. : *discrim* : discrimination, *cor a tot* : total mots rappelés, *GP\_sem* : nombre de groupements sémantiques, *repet* : nombre de répétitions, *intru* : nombre d'intrusions.

Toutefois, on ne répond pas à une question centrale, théoriquement et pratiquement, relative aux déterminismes de l'accident sportif : la commotion cérébrale affecte-t-elle les fonctions psycho-neurologiques jusqu'à un mode dégradé ? Ou bien des dysfonctionnements psycho-neurologiques seraient-ils à la source de l'accident commotionnel ? L'analyse implicite offre des possibilités de réponse à cette question centrale.

### 3.3 Analyse implicative des données :

Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés à la structure cohésive du réseau nomologique, en retenant comme variables supplémentaires le sexe et l'ancienneté dans le sport pratiqué. L'arbre cohésitif (Fig. 3) organise les variables des classes principales de manière quasi-implicative. Les nœuds significatifs sont indiqués par un trait épais rouge.

Par rapport au graphe factoriel obtenu supra, on remarquera que le nombre d'erreurs persévératives (WCST\_per) est exclu de la logique quasi-implicative dans la mesure où il ne passe pas le seuil de sélectivité imposé par l'algorithme du logiciel. Nonobstant cette différence, les variables du réseau se regroupent de la même manière qu'elles s'agrègent aux deux axes factoriels. Ainsi, dans la classe figurant à droite du graphe, on retrouve les variables du pôle positif du facteur efficacité et flexibilité, soit discrimination (Discrim), total mots rappelés (Cor A tot), matrices progressives (PM) et quotient attentionnel (TGRA-QA), ce pôle positif exprimant des niveaux de performances. Les individus les plus typiques du groupe optimal de cette classe appartiennent tous au groupe témoin. La variable supplémentaire la plus typique de cette classe est le sexe masculin avec un risque de 0,03.

Dans la classe figurant à gauche du graphe cohésitif, on retrouve les variables du facteur contrôle exécutif, à savoir nombre d'intrusions (Intru), nombre de répétitions (Repet), nombre de groupements sémantiques (Gp-sem) auxquelles s'est adjointe temps de réaction simple (TRS). Ce facteur montre que la mise en place de stratégies cognitives peut accompagner la mise en place de compensations des difficultés de contrôle en mémoire de travail. Les individus les plus typiques du groupe optimal de la seconde classe appartiennent aux deux groupes. La variable additionnelle la plus typique à cette classe est l'ancienneté dans le sport pratique avec un risque de 0,16 ; ce risque étant supérieur à 0,10 mais proche de ce seuil conventionnel, on peut retenir l'idée d'une tendance.

Bien que se construisant sur la cohérence de dissymétries implicatives et non sur des proximités corrélationnelles, la structure cohésive extraite ici apparaît relativement semblable à la structure factorielle, les deux structures amenant à distinguer entre des variables d'efficacité et des variables de contrôle exécutif.

Le « plus » apporté par la logique cohésive est d'ordonner les variables à l'intérieur de chacune des classes en séquences quasi-implicatives dynamiques ouvrant la voie à des inférences relatives aux processus psychologiques sous-jacents. Dans la classe regroupant les variables d'efficacité et de flexibilité, la cohésion implicative se construit à l'aide d'une règle significative (niveau 1 du graphe) et de deux méta-règles, dont l'une significative (niveau 3) : discrimination (Discrim) implique total mots rappelés (Cor\_A\_tot) ; l'implication  $\text{Discrim} \Rightarrow \text{Cor\_A\_tot}$  implique matrices progressives (PM), ce sous-ensemble impliquant quotient attentionnel (TGRA-QA). Dans l'autre classe, on observe une règle et deux méta-règles, dont l'une significative (niveau 2) : nombre d'intrusions (Intru) implique nombre de répétitions - Repet -  $\Rightarrow$  nombre de groupements sémantiques - GP\_sem -, ce sous-ensemble impliquant temps de réaction simple (TRS). Il reste à interpréter ces deux structures quasi-implicatives.

Dans l'analyse factorielle, on impute la proximité corrélacionnelle des variables observées à une variable latente, le facteur ou la composante, qui sature plus ou moins chacune d'elles : les variables ne sont pas reliées directement entre elles, mais par la distance à un moyen terme virtuel. Le facteur les explique toutes, mais aucune n'explique l'autre plus précisément. Par rapport à nos données, le facteur efficacité et flexibilité permet de dire qu'un répondant obtenant un score élevé à discrimination (Discrim) aura tendance à obtenir

des bons scores aux autres variables du fait de sa capacité à se montrer efficient et flexible<sup>3</sup>, mais on ne pourra rien inférer quant à l'influence de Discrim sur les autres variables.

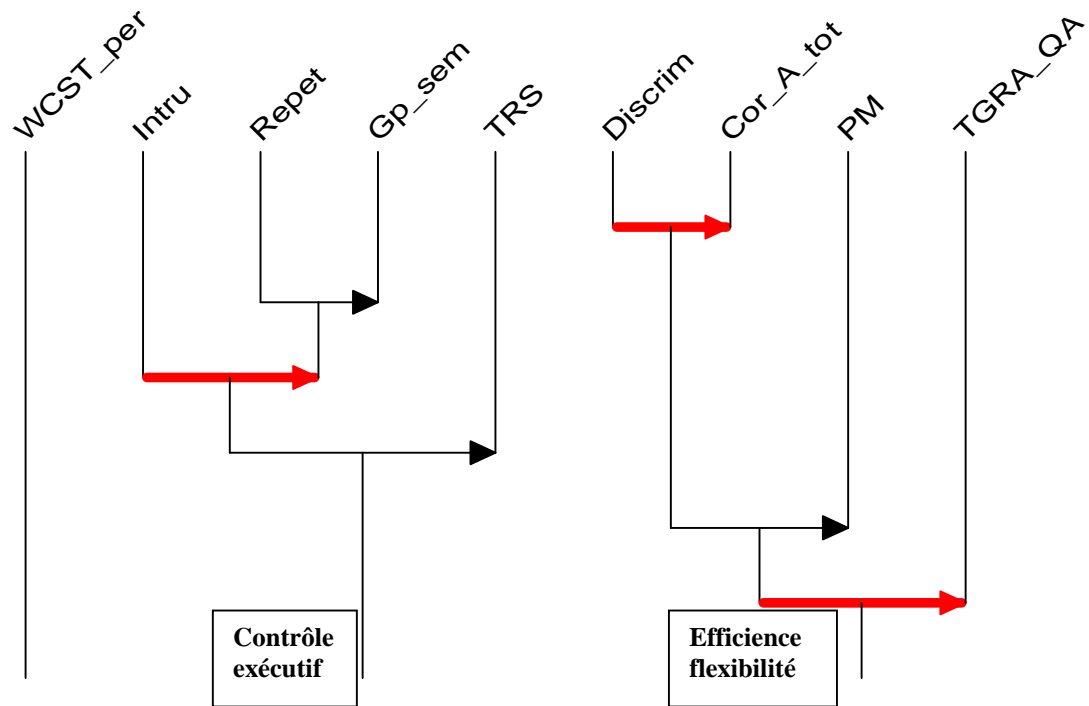


FIG. 3 - Structure cohésive du réseau nomologique.

*Gtém* : groupe témoin, *Gexpé* : groupe expérimental ; *pm* : matrices progressives ; *tgra-qa* : quotient attentionnel ; *trs* : temps de réaction simple ; *wcst-per* : nombre d'erreurs persévératives ; scores au T.T.A.V. : *discrim* : discrimination, *cor a tot* : total mots rappelés, *GP\_sem* : nombre de groupements sémantiques, *repet* : nombre de répétitions, *intru* : nombre d'intrusions.

L'analyse cohésive complète l'analyse factorielle en ce sens qu'à l'intérieur d'une même classe, les liens qui fondent la cohésion de cette classe pourront être ordonnés de manière dynamique, de type  $A \Rightarrow B$ , mais pas l'inverse. Bien évidemment toute implication n'est pas nécessairement une relation causale et toute la difficulté de l'interprétation viendra de la nécessité d'ajouter des informations extérieures à la structure de la classe pour décider du caractère causal ou non des relations inter-variables, c'est-à-dire d'une règle ou d'une méta-règle.

<sup>3</sup> Ce qui a pu faire dire à certains que l'analyse factorielle ressemblait à l'auberge espagnole : on y trouve ce qu'on y amène, un point c'est tout.

Dans la classe des variables d'efficacité et de flexibilité, au premier niveau, on observe la règle discrimination (Discrim) => total mots rappelés (Cor A tot). Cette règle unit deux scores du test d'apprentissage verbal. On dira, de manière descriptive, que c'est la capacité discriminative qui détermine le nombre de mots correctement rappelés, mais pas l'inverse, d'autres facteurs pouvant agir sur la qualité du rappel. En effet, depuis 1970, Kintsch distingue au niveau du rappel deux processus : un processus de génération mentale de contenus mnésiques plausibles suivi d'un processus décisionnel de sélection du contenu cible parmi les contenus plausibles générés et ce en se basant sur un jugement de familiarité.

En revanche, la situation de reconnaissance n'exige que le deuxième processus décisionnel : celui de la sélection selon le jugement de familiarité. Ainsi, la discriminativité, basée sur le jugement de familiarité, est un dénominateur commun au rappel et à la reconnaissance et est donc une condition parmi d'autres, nécessaire mais pas suffisante, de la réussite de l'apprentissage verbal.

Cette conclusion peut paraître modestement limitée à première vue, mais sur un plan théorique elle est cohérente avec les données de la neuropsychologie relatives au fonctionnement en réseau des neurones. D'autre part, sur un plan pratique, le psychologue pourrait indiquer au pédagogue ou au rééducateur qu'il se donnera une chance d'améliorer l'efficacité des apprentissages verbaux en exerçant les capacités discriminatives, mais qu'il serait *a priori* peu rentable d'entraîner les apprentissages verbaux dans le but d'affiner les capacités discriminatives<sup>4</sup>.

Au second niveau se révèle une méta-règle certes non significative mais qui peut se raisonner de même manière. En psychométrie classique, les factoralistes ont produit différents modèles basés sur une structuration hiérarchique de l'intelligence (Lautrey, 1990 ; Huteau et Lautrey, 2006), un facteur général se décomposant en facteurs de premier ordre, parmi lesquels un facteur verbal, un facteur spatial et un facteur numérique. Il n'est pas contre-intuitif de dire que l'apprentissage verbal relève plus largement du facteur verbal de l'intelligence, lui-même composante du facteur général. Dans notre exemple, dans le prolongement de la séquence implicite règle et méta-règle discrimination (Discrim) implique total mots rappelés (Cor\_A\_tot) ; l'implication Discrim => Cor\_A\_tot implique matrices progressives (PM), on affirmera qu'un bon niveau verbal participe à un bon niveau de facteur général évalué par le test des matrices, mais pas l'inverse, un bon niveau de facteur général pouvant être déterminé par ses autres composantes, ceci dans une certaine mesure.

Les suggestions psychopédagogiques iront dans le même sens : c'est en modifiant les caractéristiques du déterminant qu'on se donne une chance de modifier le déterminé et non l'inverse. En entraînant les capacités verbales d'un individu, on se (lui) donne une chance d'améliorer son intelligence générale. Au-delà du simple aspect opérationnel, la possibilité de lever l'incertitude du type qui de la poule et l'œuf est premier éclairage également les choix idéologiques entre les partisans du tout inné (idéologies du don au principe de la naturalisation des différences sociales) et les partisans des apprentissages culturels médiatisés au premier rang desquels Vygotski<sup>5</sup>, pour lesquels l'intelligence s'apprend, essentiellement par la transmission intergénérationnelle et par l'entraînement aux codes et

---

<sup>4</sup> On peut rapprocher ce développement de la problématique psychopédagogique des pré-requis.

<sup>5</sup> Sans oublier le pionnier que fut Jean Itard, ou encore les intuitions d'Alfred Binet sur l'éducabilité de l'intelligence.

aux langages symboliques qui structurent et alimentent les fonctions mentales supérieures dans les limites d'une zone proximale de développement.

La seconde méta-règle significative, discrimination (Discrim) implique total mots rappelés (Cor\_A\_tot) ; l'implication Discrim => Cor\_A\_tot implique matrices progressives (PM), ce sous-ensemble impliquant quotient attentionnel (TGRA-QA), suggère que le niveau de fonctionnement des ressources attentionnelles de la mémoire de travail évalué par le quotient attentionnel dépend des règles quasi-implicatives précédentes et non l'inverse.

Au niveau 1 de la classe regroupant des indices de contrôle exécutif du T.T.A.V. et du temps de réaction simple, une règle significative énonce que la fréquence de répétition des items affecte le taux de groupements sémantiques, cette règle étant elle-même affectée par les intrusions. Cet ensemble de règles et méta-règles relatives au contrôle exécutif dans l'apprentissage verbal impacte le temps de réaction simple (TRS), mais pas l'inverse. Une vue fixiste des choses pourrait laisser entrevoir un déterminisme neurologique rigide ne laissant entrevoir aucune possibilité d'intervention susceptible d'améliorer le TRS. Là encore, l'inférence dynamique abstraite des données sur le fonctionnement neuropsychologique ouvre la voie à des possibilités d'amélioration du TRS via un objectif d'apprentissage de stratégies visant l'optimisation fonctionnelle du contrôle exécutif.

Le recours au graphe implicatif des variables du réseau nomologique (Fig. 4) apporte une réponse à la question préalablement évoquée de la direction de la relation entre commotion et fonctions dégradées. L'introduction dans le graphe des deux groupes, Gexpé et Gtém, permet de préciser leurs statuts causaux et en conséquence le jeu des inférences possibles.

Sur la partie droite du graphe, on voit que le groupe témoin (Gtém) s'agrège à la classe des indicateurs d'efficacité et de flexibilité, plus précisément comme point de départ du graphe, impliquant la variable discrimination (Discrim) en premier lieu, puis de manière transitive, les variables total mots rappelés (Cor\_A\_tot), quotient attentionnel (TGRA\_QA) et matrices progressives (PM). Sur la partie gauche du graphe, le groupe expérimental (Gexpé) rejoint les indices fonctionnels de contrôle exécutif parmi lesquels il prend une place à la fois de déterminant des variables temps de réaction simple (TRS), nombre d'erreurs persévératives (WCST\_per) et nombre de groupements sémantiques (Gp\_sem) et de déterminé par l'implication reliant les variables nombre d'intrusions (Intru) => nombre de répétitions (Repet).

Ces constats généreront des inférences théoriques et pratiques spécifiques pour chacune des deux classes. Tout d'abord, malgré les éventuelles frustrations induites chez le chercheur, il faut souligner qu'en toute rigueur implicative on ne peut rien inférer à partir des variables temps de réaction simple (TRS), nombre d'erreurs persévératives (WCST\_per) et nombre de groupements sémantiques (Gp\_sem) pour une classe, ni à partir des variables total mots rappelés (Cor\_A\_tot), quotient attentionnel (TGRA\_QA) et matrices progressives (PM) pour l'autre classe.

Du fait qu'un sportif de haut niveau n'ait subi aucun accident commotionnel, on pourra conclure, s'il présente un bon niveau de discrimination verbale, à la probabilité de bons niveaux d'intelligence générale, de gestion des ressources attentionnelles et d'apprentissage verbal. Des dysfonctionnements dans le contrôle attentionnel des contenus de la mémoire de travail (nombre d'intrusions - Intru - et nombre de répétitions - Repet -) sont à considérer comme des facteurs de risque d'appartenir au groupe expérimental, c'est-à-dire que pour un individu présentant ces caractéristiques il y a une probabilité de subir un choc commotionnel au cours de ses activités sportives. En aval du graphe, on peut lire les conséquences d'un choc commotionnel et réaliser des prévisions de dégradations comportementales pour des

sujets commotionnés sur le temps de réaction simple (TRS) et aussi sur les stratégies d'apprentissage verbal (GP-sem) et de résolution de problème (WCST-per).

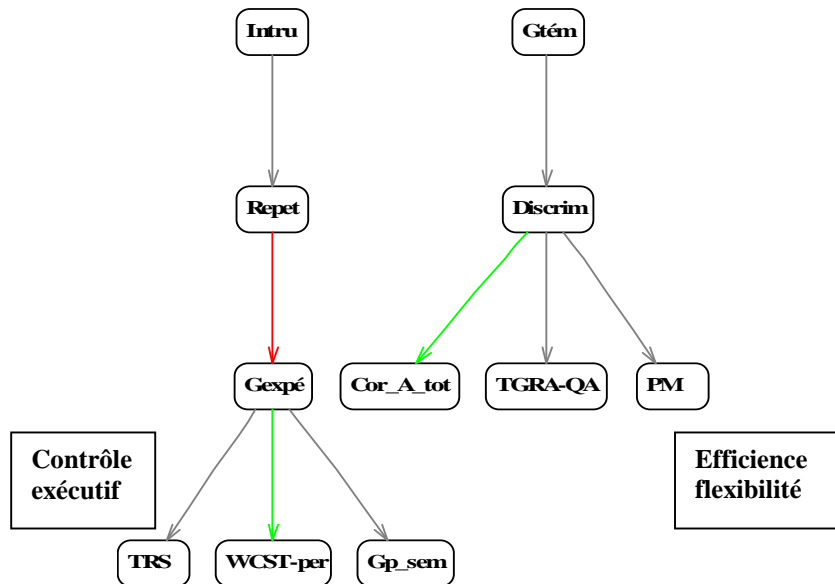


FIG. 4 : Graphe implicatif du réseau nomologique et des deux groupes contrastés.

*Gtém* : groupe témoin, *Gexpé* : groupe expérimental ; *pm* : matrices progressives ; *tgra-qa* : quotient attentionnel ; *trs* : temps de réaction simple ; *wcst-per* : nombre d'erreurs persévératives ; scores au T.T.A.V. : *discrim* : discrimination, *cor a tot* : total mots rappelés, *GP\_sem* : nombre de groupements sémantiques, *repet* : nombre de répétitions, *intru* : nombre d'intrusions.

On peut ensuite préciser le rôle des variables supplémentaires pour chacun des chemins reliant les variables. Pour la classe du contrôle exécutif, la variable la plus typique du chemin **Intru** (nombre d'intrusions au T.T.A.V.) => **Repet** (nombre de répétitions au T.T.A.V.) => **Gexpé** est le sexe masculin avec un risque de 0,03. En aval, la variable ancienneté dans le sport pratiqué est la plus typique du chemin **Gexpé** => **TRS** (temps de réaction simple) avec un risque de 0,11 ; la variable sexe féminin est la plus typique du chemin **Gexpé** => **WCST-per** (nombre d'erreurs persévératives) avec un risque de 0,04 et du chemin **Gexpé** => nombre de groupements sémantiques (**Gp\_sem**) avec un risque de 0,00. Pour la classe de l'effizienz et de la flexibilité, la variable la plus typique aux trois chemins est l'ancienneté dans le sport pratiqué avec un risque de 0,19 pour le chemin **Gtém** => discrimination (**Discrim**) => total mots rappelés (**Cor\_A\_tot**) ; avec un risque de 0,16 pour le chemin **Gtém** => discrimination (**Discrim**) => quotient attentionnel (**TGRA\_QA**) ; avec un risque de 0,11 pour le chemin **Gtém** => discrimination (**Discrim**) => matrices progressives (**PM**). Deux variables additionnelles interviennent donc pour caractériser la typicalité des chemins : l'ancienneté dans le sport pratiqué, principalement dans la classe de l'effizienz et de la flexibilité et le sexe dans la classe du contrôle exécutif, le masculin typicalisant les déterminants d'appartenance au groupe expérimental et le féminin typicalisant les déterminés

par cette d'appartenance. Au vu d'un effectif limité en taille et au vu d'un manque d'études réalisées sur le sujet, on se gardera de construire une théorie générale à partir de ces constats.

## 4 Conclusion

Alors que l'approche classique s'arrête au niveau descriptif statique se limitant à la caractérisation des réseaux nomologiques différentiels, l'approche implicative nous introduit ainsi dans une analyse dynamique où l'appartenance même à un groupe ne constitue pas le point de départ d'une recherche. L'analyse implicative nous fournit des arguments en faveur d'hypothèses largement émises dans la littérature qui suggèrent que le fait d'appartenir au groupe des commotionnés n'est pas dû au hasard. Des facteurs prédisposants sont à considérer. Des failles attentionnelles, de mémoire de travail ou de contrôle exécutif de l'action pourraient être impliquées dans l'occurrence de l'accident traumatique.

Le statut des fonctions exécutives dans la détermination du comportement est à revoir en fonction de ces résultats. Plusieurs travaux ont décrit des dysfonctionnements exécutifs chez les sportifs commotionnés (Collins et al., 1999 ; Echemendia et al., 2001 ; Koh et al., 2003 ; Rutherford et al. 2005). Aucun de ces auteurs ne s'est demandé si les déficits observés sont secondaires à la commotion ou secondaires et préludes à la commotion. En fait, les fonctions exécutives renvoient aux mécanismes cognitifs de haut niveau qui assurent la planification de l'action, régulent le comportement en fonction du contexte et contrôlent les opérations en cours (Luria, 1978). Il s'agit de mécanismes qui agissent par amplification et/ou par inhibition sur plusieurs processus dont les processus de contrôle moteur (Mahone et al., 2006), mnésiques (Anderson et Green, 2001), attentionnels (Tipper, 2001) et de régulation émotionnelle (Ochsner et Gross, 2005), tous processus clefs dans la pratique d'une activité sportive de haut niveau. Des difficultés pré-morbides dans la prise d'initiative, dans la planification de l'action, dans la suppression d'une réponse non appropriée, dans la modification de la réponse en fonction des changements de contexte ou dans la régulation émotionnelle peuvent entraîner des gestes risqués et précipités manquant de jugement. Une commotion peut surtout survenir lorsqu'il y a une faille, même temporaire, dans l'interface entre penser et agir.

D'une manière plus large, il ne s'agit pas d'opposer approche classique et approche implicative, mais d'établir un rapport de complémentarité entre elles, la seconde précisant la première en donnant une direction quasi-implicative, voire causale, aux liaisons abstraites entre variables observées, ou construites ou latentes. Il ne s'agit pas de nier l'intérêt des approches corrélationnelles, mais de donner un sens, voire du sens, par une interprétation dissymétrique des liaisons. C'est là une occasion d'éviter de tirer des conclusions abusives car commandées par des scripts mentaux plus ou moins bien conscientisés qui relèvent soit des idéologies de la pensée unique dérivées du *mainstream* anglo-saxon, soit des schémas de la pensée naturelle ou naïve.

On en trouvera une illustration dans cette recherche si on prend en compte l'idéologie de la performance dans un monde réduit à la catégorie des gagnants et des perdants. A partir de la différenciation des deux groupes Gtém et Gexpé sur la base des indicateurs de performances, on aurait pu spontanément expliquer le fait que les sportifs non commotionnés ne le sont pas parce qu'ils sont plus intelligents, plus... et étayer des décisions de recrutement de sportifs de haut niveau sur cette explication et sur la prise en compte des simples niveaux de performances. La directionnalité, abstraite de l'analyse implicative,

montre qu'on ne peut rien conclure en termes de probabilité d'accident sportif à partir des seuls niveaux de performances mais qu'il serait plus pertinent de prendre en compte comme prédicteurs les indicateurs fonctionnels du contrôle exécutif d'un test d'apprentissage verbal. Ajoutons que si l'attribution d'une simple catégorie de niveau relève de différentes formes de fatalismes (génétique, économique, socio-culturel, affectif...) par rapport auxquels l'action psychopédagogique ou médicale ne peut se montrer qu'inopérante, le centrage sur les aspects fonctionnels, donc dynamiques et interactifs, ouvre la voie à toute perspective de remédiation.



## Références

- Anderson, M.C., & Green, C. (2001). Suppressing unwanted memories by executive control. *Nature*, 410 (6826): 366-9.
- Bellaj, T., Pasquier, D., & Van Dam, F. (2005). Une étude de validité du test de gestion des ressources attentionnelles -T.G.R.A.-. *Revue Tunisienne de Sciences Sociales*, 130, 29-59.
- Benedict, R.H.B., Schretlen, D., Groninger, L., & Brandt, J. (1998). Hopkins Verbal Learning Test-Revised: Normative data and analysis of inter-form and test-retest reliability. *The Clinical Neuropsychologist*, 12, 43-55.
- Cohen, J. (1977). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (revised edition). New York: Academic Press.
- Collins, M. W., Grindel, S. H., Lovell, M. R., Dede, D. E., Moser, D. J., Phalin, B. R., et al. (1999). Relationship Between Concussion and Neuropsychological Performance in College Football Players. *JAMA*, 282(10), 964-970.
- Corroyer, D., & Wolff, M. (2003). *L'analyse Statistique des Données en Psychologie - Concepts et méthodes de base*. Paris : Armand Colin.
- Couturier, R., & Gras, R. (2005). CHIC : Traitement de données avec l'analyse implicite, Extraction et Gestion des Connaissances, Volume I1, RNTI, Cepadues, Paris, p.679-684, ISBN 2.85428.683.9
- Delis, D.C., Kramer, J.H., Kaplan, E., & Ober, B.A. (1987). *California Verbal Learning Test*. New York: The Psychological Corporation.
- Echemendia, R. J., Putukian, M., Mackin, R. S., Julian, L., & Shoss, N. (2001). Neuropsychological Test Performance Prior To and Following Sports-Related Mild Traumatic Brain Injury. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 11, 23-31.
- Heaton, R. K., Chelune, G. J., Tally, J. L., Gary, G. G., & Curtiss, G. (2002). *Test de classement de cartes de Wisconsin*. Paris: ECPA.
- Huteau, M., & Lautrey, J. (2006). *Les tests d'intelligence*. Paris : Editions La Découverte
- Kintsch, W. (1970). *Learning, memory and conceptual processes*. New York: Wiley.
- Koh, J.O., Cassidy, J.D. et Watkinson, E.J. (2003). Incidence of concussion in contact sports: a systematic review of the evidence. *Brain Injury*, 17: 901-217.
- Lautrey, J. (1990). Esquisse d'un modèle pluraliste du développement cognitif. In Reuchlin, Lautrey, Marendaz, Ohlmann (eds), *Cognition : l'individuel et l'universel*; pp. 185-213, Paris : PUF.
- Luria, A. R. (1978). *Les fonctions supérieures de l'homme*. Paris : Presses Universitaires de France.

- Mahone, E.M., Powell, S.K., Loftis, C.W., Goldberg, M.C., Denckla, M.B., & Mostofsky, S.H.(2006). Motor persistence and inhibition in autism and ADHD. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 12(5): 622-31.
- McCrory, P., Johnston, K., Meeuwisse, W., Aubry, M., Cantu, R., Dvorak, J., Graf-Baumann, T., Kelly, J., Lovell, M., & Schamasch, P. (2005). Summary and agreement statement of the 2nd International Conference on Concussion in Sport, Prague. *British Journal of Sports Medicine*, 39 (Supplement 1): 78-86.
- Ochsner, K.N., & Gross, J.J. (2005). The cognitive control of emotion. *Trends in Cognitive Sciences*, 9 (5): 242-9.
- Pichot, P., Samuel, L. B., & Lebeaux, A. M. (1973). Etude d'une nouvelle forme expérimentale de la BPRS. *Annales Médico-psychologiques*, 2, 254-273.
- Raven, J. C. (1981). *Matrices Progressives de Raven*. Paris : EAP.
- Rey, A. (1964). *L'examen clinique en psychologie*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Rutherford, A., Stephens, R., Potter, D., & Fernie, G. (2005). Neuropsychological Impairment as a Consequence of Football (Soccer) Play and Football Heading: Preliminary Analyses and Report on University Footballers. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 27, 299-319.
- Sedó, M. A. (1998a). Five Digit Test. Natick, Multigraphié.
- Sedó, M. A. (1998b). Digital Stroop. Natick, Multigraphié (november revision).
- Tipper, S.P. (2001). Does negative priming reflect inhibitory mechanisms? A review and integration of conflicting views. *Quarterly Journal of Experimental Psychology- A*, 54 (2): 321-43.
- Welsh, M. C., & Pennington, B.F. (1988). Assessing frontal lobe functioning in children: views from developmental psychology. *Developmental Psychology*, 4, 199-230.