

Évolution de la variabilité cognitive au cours de la vie*

Delphine Fagot^{1,2}, Nathalie Mella³

Introduction

L'hypothèse forte de la plupart des recherches en psychologie cognitive expérimentale et développementale est que tous les individus se comportent de la même manière dans une épreuve donnée. Ainsi, les études ont cherché à dégager des lois générales rendant compte du comportement humain et de son évolution au cours du temps. Dans ce cadre, la variabilité dans les performances était considérée comme du « bruit » ou de l'erreur de mesure (de Ribaupierre, 1993 ; 1998 ; Salthouse & Nesselroade, 2010) qu'il fallait minimiser voire éliminer. En revanche, les approches en psychologie différentielle (Reuchlin, 1978) ou celles du développement du cycle de vie (Baltes, Reese & Lipsitt, 1980) plaident en faveur de l'étude des différences entre individus et au sein même d'un individu. En effet, l'intérêt exclusif porté aux performances moyennes d'un individu sans prendre en compte la variabilité autour de cette tendance centrale simplifie le comportement et, à terme, conduit à des généralisations erronées (Nesselroade, 2002). Ainsi, depuis plus de 20 ans maintenant, des recherches ont montré que les informations données par les variations de performance pouvaient jouer un rôle crucial dans la compréhension du comportement. La variabilité est donc de plus en plus perçue comme une importante source d'information, en plus de la moyenne (van Geert & van Dijk, 2002) ainsi qu'une force potentielle du développement (Nesselroade & Ghisletta, 2003).

* L'étude présentée est financée par le Fonds National Suisse de la recherche scientifique n° 100011-107764 et n° 100014-120510

1. Centre Inter-facultaire de gérontologie et d'études des vulnérabilités (CIGEV), université de Genève, 54 route des Acacias, CH-1227 Carouge (Genève), Suisse. Mél.: Delphine.Fagot@unige.ch.

2. Pôle de recherche national LIVES – Surmonter la vulnérabilité : perspective du parcours de vie.

3. Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation, université de Genève, 40 bd du pont d'Arve, CH-1211 Genève 4, Suisse. Mél.: Nathalie.Mella-Barraco@unige.ch.

La notion de variabilité

Nesselroade (1991) distingue trois types de variabilité : 1) Variabilité interindividuelle ou *diversité* (Hale, Myerson, Smith, & Poon, 1988 ; Hulstsch & MacDonald, 2004). On se focalise ici sur les différences entre individus ; 2) Changement intra-individuel. Il se caractérise par des fluctuations qui apparaissent lentement mais qui persistent dans le temps et deviennent alors une caractéristique intrinsèque de l'individu. 3) Variabilité intra-individuelle (Vii) qui représente des fluctuations réversibles qui apparaissent sur de courtes périodes. Certains auteurs (Shammi, Bosman, & Stuss, 1998 ; Hulstsch & MacDonald, 2004) subdivisent la Vii en deux catégories, à savoir : 1) la Vii au travers d'une même tâche ou *inconsistance* (Hulstsch & MacDonald, 2004). Il s'agit ici d'analyser les fluctuations des performances d'un individu dans une seule et même épreuve ; 2) la Vii au travers des tâches ou *dispersion* (Nesselroade, 1991 ; Shammi, Bosman, & Stuss, 1998).

La variabilité inter- et intra-individuelle au cours de la vie

La trajectoire de la Vii au cours de la vie suit une courbe en U (Li *et al.*, 2004, 2010 ; Williams *et al.*, 2005). Ainsi, la Vii est généralement plus importante chez les enfants par rapport aux jeunes adultes (Neuringer, 2002, pour une revue), puis augmente avec l'âge (Bunce, MacDonald, & Hulstsch, 2004 ; Hogan, 2003 ; Hulstsch, MacDonald, & Dixon, 2002 ; Lindenberger & von Oertzen, 2006). Selon Bielak, Hulstsch, Strauss, MacDonald et Hunter (2010), quelle que soit la période de la vie considérée, la Vii pourrait être considérée comme une caractéristique intrinsèque du fonctionnement de l'individu (Lautrey, 2003). Il semble donc important de prendre en compte la Vii pour améliorer la compréhension du développement et/ou de la complexité du comportement.

Interprétation de la variabilité intra-individuelle

La Vii, et notamment l'inconsistance, semble reliée au niveau de capacité des individus dans de nombreux domaines cognitifs (Jensen, 1982 ; Hulstsch, MacDonald, & Dixon ; 2002) ; elle apporte une information complémentaire à l'appréhension plus générale du comportement. Par exemple, certaines études montrent que la variabilité intra-individuelle est prédictive de l'appartenance à certains groupes pathologiques, et ce indépendamment du niveau de performance (e.g., Hulstsch *et al.*, 2000 ; Strauss *et al.*, 2000). Par ailleurs, de nombreux auteurs s'accordent pour dire que la Vii constitue un prédicteur fiable des changements cognitifs avec l'âge chez l'adulte âgé (Hulstsch & MacDonald, 2004 ; Lindenberger & von Oertzen, 2006 ; Lövdén, Li, Shing, & Lindenberger, 2007 ; MacDonald, Hulstsch, & Dixon, 2003 ; Nesselroade, 1991).

Si l'intérêt de la Vii ne semble plus être à démontrer, son interprétation n'est pas aussi simple. La Vii serait-elle un cheval de Troie ? En d'autres termes, que dissimule une augmentation de la variabilité chez les individus d'âges différents ? Si, comme nous l'avons vu précédemment, la Vii est une source d'information non négligeable (e.g., van Geert & van Dijk, 2002) et ne pas l'étudier serait une erreur (e.g., Nesselroade, 2002), sa connotation (négative ou positive) semble fortement liée aux comparaisons que l'on fait. On observe généralement que les enfants et les adultes âgés montrent une plus forte variabilité en comparaison des jeunes adultes dans des tâches cognitives (e.g., de Ribaupierre, Chicherio, Fagot, Dirk, Lecerf, & Ghisletta, 2013). Néanmoins, l'interprétation de cette forte variabilité dans ces deux groupes n'est pas univoque. En effet, chez les enfants, elle est le plus souvent, associée aux apprentissages et au développement normal, un signe de l'adaptabilité du système (Siegler, 1994 ; Lautrey & Caroff, 1996). En revanche, la variabilité observée chez les adultes âgés est plutôt associée à un dysfonctionnement, car couplée à une baisse des performances. Par ailleurs, la Vii est généralement plus importante dans les groupes pathologiques. Ainsi, la Vii des enfants hyperactifs est plus élevée par rapport à celle des autres enfants du même âge (Geurts *et al.*, 2008 ; Leth-Steensen, Elbaz, & Douglas, 2000). Chez les adultes âgés, certaines recherches ont montré qu'une augmentation de la Vii pouvait prédire le déclin à long terme sur différentes capacités cognitives (Hultsch *et al.*, 2002). Il a également été démontré qu'elle est un bon indicateur comportemental de divers troubles du système nerveux central (MacDonald, Nyberg, & Bäckman, 2006). Ainsi, de nombreux auteurs ont reporté une augmentation de la Vii dans différentes pathologies affectant le système nerveux central: les traumatismes crâniens (Stuss, Pogue, Buckle, & Bondar, 1994), la démence (Hultsch, MacDonald, Hunter, Levy-Bencheton, & Strauss, 2000), ou encore la maladie de Parkinson (Burton, Strauss, Hultsch, Moll, & Hunter, 2006). Certaines études rapportent également qu'elle constitue un facteur de risque de mortalité (Stuss, Murphy, Binns, & Alexander, 2003 ; McDonald, Hultsch, & Dixon, 2008). Les résultats suggèrent donc qu'une augmentation de la Vii avec l'âge pourrait refléter une diminution de l'intégrité du système nerveux central. À l'inverse, une variabilité plus importante chez les enfants pourrait refléter la mise en place de stratégies différentes pour résoudre une tâche (Siegler, 1994 ; de Ribaupierre, Fagot, & Dirk, 2009).

Néanmoins, que ce soit chez les enfants ou les adultes âgés, un haut degré de Vii peut être positif dans certaines circonstances ou pour certaines variables. En d'autres mots, une Vii élevée n'est pas nécessairement signe d'un dysfonctionnement. Allaire et Marsiske (2005) avancent ainsi l'idée que le caractère adaptatif et dysfonctionnel de la Vii peut coexister chez un même individu. De Ribaupierre *et al.* (2013) émettent également l'hypothèse que la Vii pourrait être à la fois la manifestation d'une caractéristique adaptative jusqu'à un certain seuil, et une fois ce seuil franchi, l'expression d'un

dysfonctionnement. Un exemple concret visant à illustrer les différentes facettes de la variabilité au cours de la vie est donné dans la section suivante.

La Geneva Variability study (GVS)

Présentation générale

Cette étude de grande envergure, menée à Genève sous la direction d'Anik de Ribaupierre depuis un peu moins d'une dizaine d'années, a pour principal objectif d'étudier explicitement la variabilité inter- et intra-individuelle. La première phase a consisté en une étude transversale au travers de la vie. Pour ce faire un ensemble de dix épreuves de complexité différente a été administré à des enfants (9-12 ans), des jeunes adultes (18-30 ans) et des adultes âgés (plus de 60 ans). L'étude comporte maintenant un suivi longitudinal, encore en cours, des personnes âgées. Le présent chapitre porte sur le volet transversal uniquement. Après avoir présenté l'échantillon et l'ensemble des épreuves, nous présenterons des analyses visant à explorer le changement lié à l'âge dans les différentes formes de variabilité évoquées ci-dessus (la *diversité*, l'*inconsistance*, et la *dispersion*).

Échantillon

La population sur laquelle porte la *Geneva Variability Study* (GVS) comporte, au total, 50 enfants de 9 ans, 50 enfants de 10 ans, 51 enfants de 11 ans, 50 enfants de 12 ans, 137 jeunes adultes de 19 à 33 ans, 117 adultes âgés de moins de 70 ans et 102 adultes âgés de 70 ans et plus. Le tableau 1 décrit plus en détail les caractéristiques de l'échantillon de la GVS.

Tableau 1 - Caractéristiques de l'échantillon de la GVS⁴.

	Enfants				Jeunes Adultes (N=137)	Adultes Agés	
	9 ans (N=50)	10 ans (N=50)	11 ans (N=51)	12 ans (N=50)		< 70 ans (N=117)	≥ 70 ans (N=102)
% Femmes	38	38	52.9	54	85.4	76.1	74.5
% Hommes	62	62	47.1	46	14.6	23.9	25.5
Age	M (et)	9 10	11	12	21.71 (2.7)	64.9 (2.64)	76.23 (4.61)
Mill Hill	M (et)	-	-	-	34.67 (3.25)	38.07 (4.37)	37.36 (4.91)
Raven	M (et)	32.04 (8.67)	32.24 (7.63)	36.88 (7.44)	42.18 (5.67)	52.15 (4.91)	39.56 (7.56)

4. Les analyses qui vont suivre porteront sur les enfants pris comme un seul groupe.

Épreuves

Tous les participants ont réalisé dix épreuves touchant divers domaines cognitifs et de complexité différente telles que des épreuves de temps de réaction (simple ou à choix), de vitesse de traitement, d'inhibition et de mémoire de travail. Par ailleurs, les Matrices de Raven (Raven, 1998), l'échelle de vocabulaire de Mill Hill ainsi qu'un questionnaire d'évaluation subjective de la santé ont également été administrés⁵. Exception faite des trois dernières tâches, toutes les épreuves sont informatisées et ont été construites de façon à contenir un nombre suffisant d'items pour quantifier l'inconsistance (sur ce point, voir Hultsch *et al.*, 2002).

Tableau 2 - Récapitulatif des caractéristiques des épreuves utilisées dans la GVS.

Tâche	Nb. essais	Conditions	Construit théorique
Détection de cible	120 essais		Temps de réaction simple
Comparaison de lignes	120 essais		Temps de réaction à choix
Changement Croix-Carré	120 essais		
Comparaison de lettres	60 essais	6 lettres	Vitesse perceptive
	60 essais	9 lettres	
Code (Wechsler)	144 essais		
Stroop couleur*	72 essais	Neutre	Interférence / inhibition
	72 essais	Congruent	
	72 essais	Incongruent	
Flèches	100 essais	Neutre	
	100 essais	Congruent	
	100 essais	Incongruent	
Empan de lecture*	mesure de l'empan		Mémoire de travail
	10 items	Long. Empan	
	10 items	Long. Empan+1	
Matrices Simple	mesure de l'empan		
	10 items	Long. Empan	
	10 items	Long. Empan+1	
Matrices Double	10 items	Long. Empan	
	10 items	Long. Empan+1	
Raven			Intelligence fluide
Mill Hill			Intelligence cristallisée
Questionnaire de Santé			Variable contrôle

Note. * L'épreuve a été administrée à deux reprises à une semaine d'intervalle.

Un récapitulatif des caractéristiques des épreuves est fourni dans le Tableau 2. Les tâches ont été administrées dans un ordre constant, en deux séances (ou trois selon les individus) d'une heure et demie chacune, effectuées à une semaine d'intervalle. Les enfants ont été testés dans les écoles genevoises et les

5. L'échelle de vocabulaire ainsi que le questionnaire de santé n'ont pas été proposés aux enfants.

participants adultes au laboratoire de psychologie développementale et différentielle de l'Université de Genève. Il est à noter que les différents résultats présentés ici proviennent uniquement des tâches de temps de réaction.

Variabilité interindividuelle ou diversité

Afin d'étudier la variabilité interindividuelle, des tests de Levene sur les différents groupes d'âge pris deux à deux ont été réalisés. Dans pratiquement toutes les épreuves, la variabilité interindividuelle est plus importante chez les enfants que chez les adultes âgés, eux-mêmes plus hétérogènes que les jeunes adultes. Ceci va dans le sens de la littérature.

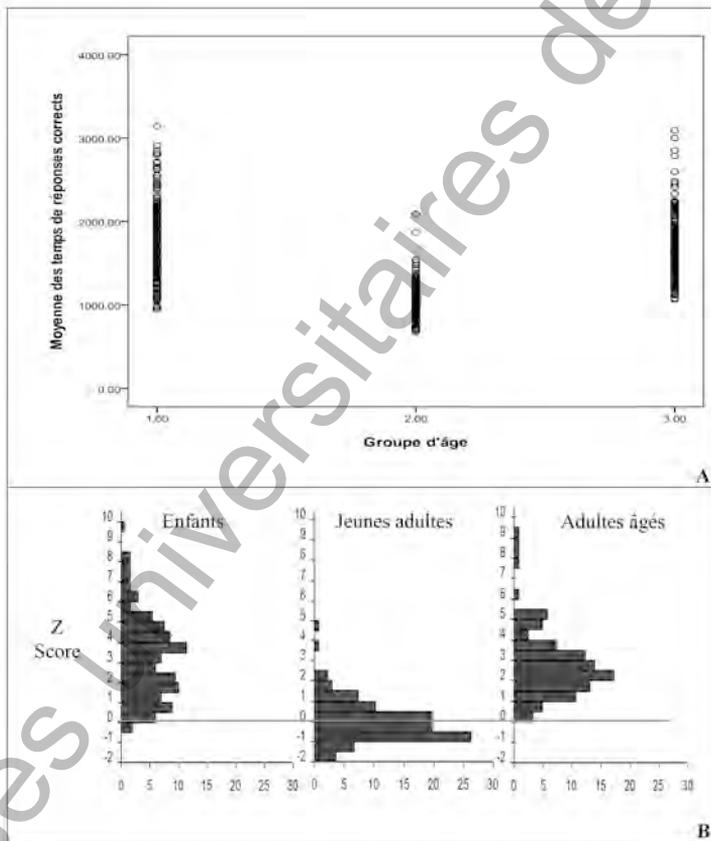


Figure 1 - Exemple de variabilité interindividuelle pour la tâche du code. A) sur les données brutes (1=Enfants, 2=Jeunes adultes et 3=Adultes âgés), B) sur les données standardisées.

La figure 1A illustre, sur la tâche du code, les différences de variabilité interindividuelle sur les données brutes et la figure 1B représente, sur la même tâche, l'amplitude de la variabilité interindividuelle par rapport aux jeunes adultes calculée sur la moyenne des temps de réponses correctes.

Tableau 3 - Valeur des rapports entre la variabilité intra- et interindividuelle [indice adopté par Salthouse (2007)] par épreuves et par groupe d'âge.

	Enfants	Jeunes adultes	Adultes âgés
Détection de cible	1.38	1.51	1.04
Comparaison de lignes	1.44	1.75	1.45
Changement Croix-Carré	1.50	1.95	1.50
Code	1.31	1.30	1.32
Comparaison de lettres – Série de 6	1.07	1.26	1.09
Comparaison de lettres – série de 9	1.25	1.37	1.23
Stroop Couleur – condition Neutre	1.44	1.16	0.86
Stroop couleur – condition Incongruente	0.96	1.27	0.74
Flèches – condition Neutre	1.13	0.64	0.94
Flèches – condition Incongruente	0.92	0.72	0.77

L'ampleur de la variabilité interindividuelle (diversité) est indéniable mais qu'en est-il de la variabilité intra-individuelle ? Salthouse (2007) propose un score permettant d'appréhender l'ampleur de la variabilité inter- et intra-individuelle conjointement dans une même tâche, afin de constater si ces deux variabilités sont d'égale ampleur ou si l'une est plus importante que l'autre (Fagot, Ludwig, Chicherio, & de Ribaupierre, 2010). Ce score est le rapport entre la variabilité intra-individuelle (moyenne des écarts-types individuels) et la variabilité interindividuelle (écart-type des moyennes individuelles). Si ce score est proche de 1, cela signifie que les variabilités inter- et intra-individuelle sont d'égale amplitude. Si le score est supérieur à la valeur 1, cela signifie que la variabilité intra-individuelle est supérieure à la variabilité interindividuelle. Enfin, si le score est inférieur à 1, cela signifie que la variabilité intra-individuelle est inférieure à la variabilité interindividuelle. Ce score a été calculé pour chacune des épreuves et pour chaque groupe d'âge.

Au vu des résultats présentés dans le tableau 3, qui synthétise les différents rapports obtenus en fonction des tâches et des groupes d'âge, on peut d'ores et déjà noter que 73% des scores sont supérieurs à 1 (80% pour les enfants et les jeunes adultes et 60% pour les adultes âgés). En d'autres termes, dans 73% des

cas, la variabilité intra-individuelle est plus importante que la variabilité interindividuelle.

Ainsi, il semblerait que les variations observées chez un même individu sont supérieures aux variations obtenues entre deux individus distincts, et ce quel que soit le groupe d'âge ou la tâche considérée. Même si cet indice est à prendre avec précaution, du fait qu'il s'agisse d'un rapport entre une valeur individuelle (moyenne des écart-types individuels) et une valeur basée sur le groupe (écart-type des moyennes individuelles), il permet d'avoir une idée quant à l'ampleur générale de la variabilité intra-individuelle. Les deux prochaines sections vont se focaliser sur des indices plus précis de la *Vii* : la mesure de l'inconsistance et la mesure de la dispersion.

Variabilité intra-individuelle au sein d'une même tâche ou inconsistance

Pour étudier l'inconsistance, des analyses sur l'écart-type intra-individuel (ETi) ainsi que sur le coefficient de variation intra-individuel (CVi) ont été réalisées sur l'ensemble des épreuves, sur la base des temps de réponses corrects. Le tableau 4 présente les résultats obtenus. En ce qui concerne l'ETi, les résultats montrent que les enfants sont plus variables au sein d'une même tâche que les adultes âgés, qui eux-mêmes fluctuent plus que les jeunes adultes. Cet ordre des groupes d'âge se retrouve dans toutes les épreuves.

En ce qui concerne le CVi, les résultats sont plus nuancés. En effet, dans la moitié des épreuves, le classement des groupes d'âge est le même que celui obtenu avec l'ETi, mais pour l'autre moitié, les résultats montrent que les enfants sont toujours plus variables que les deux groupes d'adultes, mais ceux-ci ne diffèrent pas entre eux. Il semblerait que lorsque l'on contrôle pour le niveau moyen, seule la différence entre les enfants et les adultes persiste. Ce qui laisse à penser que l'augmentation de la *Vii* chez les adultes âgés est fortement en lien avec le niveau de performance à la tâche.

Si la variabilité intra-individuelle semble se modifier avec l'âge, reste la question de savoir si ces changements sont comparables au travers des épreuves. Notamment, est-ce qu'ils peuvent être modulés par la complexité de la tâche. Par exemple, Jensen (1982) a montré que la variabilité intra-individuelle augmentait en fonction de la complexité⁶ de la tâche chez les enfants. Bunce, MacDonald et Hultsch (2004) ont également trouvé que les différences entre adultes âgés et adultes jeunes étaient plus importantes dans des tâches complexes. Au travers des trois épreuves de la GVS intégrant des

6. Nous adoptons ici la définition générale qui spécifie que l'augmentation de la complexité dans une tâche se traduit par une augmentation des temps de latences (e.g., Cerella, Poon, & Williams, 1980; Verhaeghen, Cerella, & Basak, 2006) du fait que le nombre de processus cognitifs impliqués est plus important et /ou car les processus requis sont moins automatiques.

niveaux de difficulté différents (Comparaison de lettres, Stroop couleur et Flèches), nous pouvons également constater que sur l'ETi, exception faite de la tâche des flèches, l'interaction Age×Condition est présente, traduisant le fait que le niveau de complexité est modulé par l'âge. Pour exemple, dans la tâche de comparaison de lettres, les participants fluctuent moins dans la condition simple (série de 6 lettres) que dans la condition complexe (série de 9 lettres), et cette différence entre les ETi des deux conditions est plus importante chez les enfants (613,66ms) que chez les adultes âgés (500,36ms), ceux-ci montrant également une plus grande différence par rapport aux jeunes adultes (361,92ms). L'augmentation de la variabilité intra-individuelle due à l'augmentation de la difficulté semble donc également suivre une courbe en U.

Tableau 4 - Synthèse des effets obtenus sur les différentes épreuves sur ETi et CVi.

Epreuves	Effet	Indices	
		ETi	CVi
Détection de cible	Age	X (a)	X (b)
Comparaison de Lignes	Age	X (a)	X (a)
Changement Croix-Carré	Age	X (a)	X (a)
	Code	X (a)	X (b)
Comparaison de lettres	Age	X (a)	X (b)
	Condition	X	X
	Age×Condition	X	
Stroop couleur	Age	X (a)	X (b)
	Condition	X	X
	Age×Condition	X	X
Flèches	Age	X (a)	X (a)
	Condition		X
	Age×Condition		X

Note. a = Jeunes adultes < Adultes âgés < Enfants ; b = Jeunes adultes = Adultes âgés < Enfants ; X = Effet présent.

Variabilité intra-individuelle au travers des tâches ou dispersion

L'analyse de la variabilité intra-individuelle au travers des tâches peut être envisagée de différentes façons. Une méthode possible est celle des corrélations entre les indices de variabilité dans différentes tâches. Cependant, cette méthode permet difficilement d'étudier les effets d'âge et ne donne pas ou peu d'indications sur la dispersion pour chaque individu. Seule une analyse des profils intra-individuels donnera une idée plus précise de la dispersion au niveau individuel. Pour ce faire, il est nécessaire de passer par plusieurs étapes de transformation des données individuelles brutes (moyennes individuelles notées Mi). Ces Mi ont dans un premier temps été résidualisées pour l'âge, afin de

s'assurer que les différences observées étaient seulement liées à la variabilité, indépendamment du niveau moyen de performance. Dans un deuxième temps, les résidus ont été standardisés dans le but de rendre les différentes tâches et conditions comparables entre elles. Enfin, ces scores ont été transformés en score-T pour éviter les valeurs négatives.



Figure 2 - Variabilité intra-individuelle au travers des tâches en fonction du groupe d'âge.

La première approche utilisée, une fois les scores T établis pour toutes les épreuves, consiste à calculer un écart-type intra-individuel (T_ETi) à travers les différentes tâches, comme indice de dispersion. Dans cette analyse, un T_ETi , ainsi qu'une moyenne individuelle (T_Mi) ont été calculés à travers les tâches mesurant des temps de réaction. Comme attendu, les analyses sur la T_Mi ne montrent aucun effet d'âge, les temps de réaction ayant été contrôlés pour l'âge. En revanche l'analyse de l'indice de dispersion révèle un effet d'âge significatif ($F_{(2,554)} = 85,85, p < .001; \eta^2 = .24$), les jeunes adultes étant moins variables que les enfants et que les adultes âgés. Les adultes âgés se montrent également significativement moins variables que les enfants (cf. figure 2). Nous retrouvons donc ici une courbe en U, comme observé dans la variabilité intra-individuelle au sein de chaque épreuve.

Un deuxième angle d'étude de la dispersion par les profils intra-individuels est l'analyse en clusters, qui permet de classer les individus selon leur degré de variabilité (cf. figure 3). Dans cette analyse, on peut, pour chaque épreuve, étudier les écarts absolus à la moyenne individuelle. Ainsi, pour chaque individu, on a une indication de l'ampleur de la variabilité qu'il montre pour une tâche donnée par rapport à sa propre moyenne au travers des tâches. C'est donc un profil qualitatif du comportement de l'individu au travers des différentes tâches que nous étudions là. Selon son profil, un individu va appartenir à une classe, soit la plus variable, soit la moins variable⁷ (cf. figure 3). Cette méthode permet donc de caractériser un individu au niveau de sa variabilité/stabilité et de mettre en lien cette caractéristique avec d'autres facteurs.

Il est en outre possible d'analyser la répartition des individus dans les classes en fonction de différents critères. Ainsi, le tableau 5 indique la répartition des individus dans les classes en fonction du groupe d'âge. On note que la totalité des jeunes adultes se retrouve dans la classe 1 (moins variable), alors que les enfants et adultes âgés se répartissent dans les deux classes, ce qui est conforme aux résultats mis en évidence par une analyse des ETi au travers des tâches. L'information supplémentaire apportée par l'analyse en clusters de la variabilité réside surtout dans l'indication d'une contribution différente de chaque tâche dans la variabilité intra-individuelle moyenne (figure 3). Nous pouvons ainsi noter que les performances aux tâches de réactions simples, comme par exemple les tâches de détection visuelle s'écartent moins de la moyenne de l'individu que les tâches plus complexes tels que le Code, la Comparaison de lettres et les tâches de résistance à l'interférence, quelle que soit la classe d'appartenance (variable ou moins variable).

Tableau 5 - Répartition des individus dans les classes 1 et 2 selon leur groupe d'âge.

	Classe 1	Classe 2
Enfants	64	36
JA	100	0
AA	81	19

Note : effet d'âge : $\chi^2_{(2)} = 63.09$, $p < .001$. Classe 1 : moins variable ; classe 2 : plus variable.

7. Le choix du nombre de clusters a été fait sur la base d'une analyse « two-steps » indiquant une solution optimale pour deux clusters (coefficient de silhouette moyenne de .04).

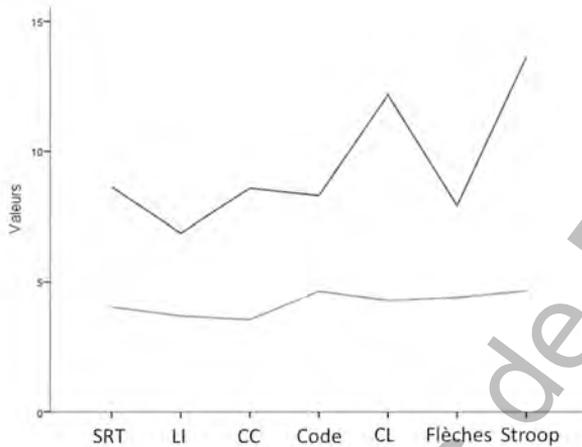


Figure 3 - Résultats de l'analyse en clusters. En bleu : classe d'individus variables ; en rouge : classe d'individus moins variables. SRT = détection de cible ; LI = comparaison de lignes ; CC = changement croix-carré ; CL = comparaison de lettres.

Quelle que soit la méthode considérée, les performances des jeunes adultes sont donc moins variables au travers des tâches que celles des enfants et des adultes âgés.

Conclusion

L'ensemble des résultats présentés dans ce chapitre, et provenant de l'étude transversale GVS montre l'importance de la variabilité dans les performances, faisant ainsi écho aux injonctions de certains auteurs de considérer cet aspect du développement cognitif au travers de la vie comme crucial (de Ribaupierre dans cet ouvrage). Les résultats de cette étude, à l'instar de ceux obtenus dans la littérature, montrent une forte variabilité interindividuelle ainsi qu'une importante variabilité intra-individuelle (inconsistance et ou dispersion) et ce pour tous les groupes d'âges étudiés.

Dans ce chapitre, une grande partie des analyses se base sur les deux indices classiquement utilisés afin d'évaluer la variabilité, à savoir l'écart-type individuels (ETi) ou le coefficient de variation (CV ; écart-type divisé par la moyenne). Même si ces deux indices sont encore les plus utilisés, ils présentent chacun leurs limites. L'ET montre une relation curvilinéaire avec la moyenne, (Wagenmakers & Brown, 2007) alors que le CV est inadéquat pour étudier la variabilité intra-individuelle dans les mesures de précision (Golay, Fagot, & Lecerf, 2013). Selon van Geert et van Dijk (2002), ces scores fournissent une compréhension incomplète de la variabilité intra-individuelle. Plusieurs études se sont donc concentrées sur le développement de nouveaux indices : Indices basés sur les méthodes de régression (Christensen *et al.*, 1994 ; Hultsch *et al.*, 2002, Allaire & Marsiske, 2005 ; Ghisletta, Fagot, Lecerf, & de Ribaupierre,

sous presse) ; indices basés sur la forme de la distribution (Heathcote, Popiel, & Mewhort, 1991; Spieler, Balota, & Faust, 1996, 2000 ; Fagot, Dirk, Ghisletta, & de Ribaupierre, 2009) ou des indices plus complexes nécessitant parfois le recours à des expérimentations assez lourdes (modèle de diffusion, Ratcliff, 1978 ; Wagenmakers, Grasman, & Molenaar, 2005 ; analyses spectrales, Larsen, 1990 ; Analyses de séries temporelles, Tabachnik & Fidell, 1996). Il faut donc noter qu'il existe de multiples indices pour mesurer la Vii (Hultsch *et al.*, 2000 ; Slifkin & Newell, 1998).

De manière générale, la Vii, qu'elle soit intra-tâche ou au travers de tâches, suit une courbe en U, le comportement des enfants étant plus hétérogène que celui des adultes âgés, le comportement de ces derniers étant lui-même plus hétérogène que celui des jeunes adultes. En ce qui concerne l'*inconsistance*, elle semble se modifier avec l'âge et son ampleur augmente avec la complexité de la tâche. L'observation d'une courbe en U pour les changements avec l'âge de la dispersion appuie l'idée d'un développement des capacités cognitives au cours de la vie. Ce résultat va à l'encontre de l'hypothèse de différenciation-dé-différenciation proposée par Baltes et ses collaborateurs (1980), selon laquelle les aptitudes cognitives seraient plutôt indifférenciées pendant l'enfance et se différencieraient progressivement au fur et à mesure du développement vers une structure cognitive multi-facettes qui serait stable une grande partie de l'âge adulte. Notons néanmoins que cette hypothèse de différenciation-dé-différenciation se base plutôt sur des analyses en termes de corrélations entre les scores de diverses aptitudes et non, comme dans la présente analyse, en termes de variabilité inter-tâches. Ainsi, ce qui ressort de notre analyse est que les jeunes adultes montrent un profil cognitif plus homogène que les adultes âgés et les enfants. Les résultats présentés ici ne font état que de la dispersion dans des tâches mesurant des temps de réaction. Il semble néanmoins que l'analyse de la variabilité intra-individuelle concernant les scores de précision, comme ceux issus de tâches de mémoire de travail, donne lieu à des résultats plus mitigés (Salthouse, 2012). D'autres analyses menées sur la GVS, mais non rapportées ici, montrent des résultats qui rejoignent ceux mis en évidence par Salthouse (2012) mais cette question reste à explorer plus en profondeur. La question serait alors de déterminer s'il existe différents processus sous-jacents à différentes formes de Vii.

Enfin, l'un des challenges que tentent de relever les études actuelles de la Vii concerne l'exploration de l'origine physiologique de cette variabilité (e.g., Fjells *et al.*, 2011 ; Garrett *et al.*, 2011 ; Mella *et al.*, 2013). Les travaux rapportés dans la littérature suggèrent que la variabilité comportementale est inversement reliée à la variabilité cérébrale, l'activation globale du cerveau des enfants et des adultes âgés étant moins variable que celui des jeunes adultes (McIntosh, 2010). Ce résultat intrigant, discuté dans un chapitre de ce même ouvrage (voir de Ribaupierre), ouvre des perspectives nouvelles quant aux hypothèses sur l'origine de la variabilité comportementale.

Références

- Allaire, J.C., Marsiske, M., (2005). Intraindividual Variability May Not Always Indicate Vulnerability in Elders' Cognitive Performance. *Psychology and Aging, 20*, 390-401.
- Baltes, P.B., Reese, H.W., & Lipsitt, L.P., (1980). Life-span developmental psychology. *Annual Review of Psychology, 31*, 65-110.
- Bielak, A. A. M., Hultsch, D. F., Strauss, E., MacDonald, S. W. S., & Hunter, M. A. (2010). Intraindividual variability in reaction time predicts cognitive outcomes 5 years later. *Neuropsychology, 24*, 731-741.
- Bunce, D., MacDonald, S.W.S., & Hultsch, D.F., (2004). Inconsistency in serial choice decision and motor reaction times dissociate in younger and older adults. *Brain and Cognition, 56*, 320-327.
- Burton, C.L., Strauss, E., Hultsch, D.F., Moll, A., & Hunter, M.A., (2006). Intraindividual Variability as a Marker of Neurological Dysfunction: A Comparison of Alzheimer's Disease and Parkinson's Disease. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 28*, 67-83.
- Cerella, J., Poon, L. W., & Williams, D. H. (1980). Age and the complexity hypothesis. In L. W. Poon (Ed.), *Aging in the 1980's* (pp. 332-340). Washington, DC: American Psychological Association.
- Christensen, H., Mackinnon, A. J., Jorm, A. F., Henderson, A. S., Scott, L. R., & Korten, A. E. (1994). Age differences in interindividual variation in cognition in community-dwelling edlerly. *Psychology and Aging, 9*, 381-390.
- de Ribaupierre, A. (1993). Structural invariants and individual differences: On the difficulty of dissociating developmental and differential processes. In R. Case & W. Edelman (Eds.), *The new structuralism in cognitive development: Theory and research on individual pathways (Contributions to Human Development)* (pp. 11-32). Basel: Karger.
- de Ribaupierre, A. (1998). Développement cognitif et différences individuelles / Individual differences in cognitive development. In M. Sabourin, F.I.M. Craik & M. Robert (Eds.), *Advances in psychological science, Vol. 2: Biological and cognitive aspects* (pp. 531-555). Taylor & Francis.
- de Ribaupierre, A., Chicherio, C., Fagot, D., Dirk, J., Lecerf, T., & Ghisletta, P. (2013). Variabilité inter- et intra-individuelle dans le fonctionnement cognitif au travers du cycle de vie. In M. Carlier & P.-Y. Gilles (Eds.), *Vive(nt) les différences. Psychologie différentielle fondamentale et applications* (pp. 88-93). Aix en Provence : Presses universitaires de Provence.
- de Ribaupierre, A., Fagot, D., & Dirk, J. (2009). Déclin et plasticité des fonctions cognitives avec l'âge : Une question de différence individuelle? In M. Oris, E. Widmer, A. de Ribaupierre, D. Joye, D. Spini, G. Labouvie-Vief & J.-M. Falter (Éds.), *Transitions dans le parcours de vie et construction des inégalités* (pp. 313-333). Lausanne, Switzerland: Presses polytechniques et universitaires Romandes.
- Dixon, R. A., Garrett, D. D., Lentz, T. L., MacDonald, S. W. S., Strauss, E., & Hultsch, D. F. (2007). Neurocognitive markers of cognitive impairment: Exploring the roles of speed and inconsistency. *Neuropsychology, 21*, 381-399.
- Fagot, D., Dirk, J., Ghisletta, P., & de Ribaupierre, A. (2009). Adults' versus children's performance on the Stroop task: Insights from ex-Gaussian analysis. *Swiss Journal of Psychology, 68*, 17-24.
- Fagot, D., Ludwig, C., Chicherio, C., & de Ribaupierre, A. (2010). *Exploration de la relation entre variabilité inter- et intra-individuelle dans la cognition*, XIX^e Journées Internationales de Psychologie Différentielle, Marseille, France, 25-27 Août 2010.
- Fjell, A.M., Westlye, L.T., Amlien, I.K., & Walhovd, K.B. (2011). Reduced white matter integrity is related to cognitive instability. *Journal of Neuroscience, 31*(49), 18060-18072.

- Geurts, H. M., Grasman, R. P. P. P., Verté, S., Oosterlaan, J., Roeyers, H., van Kammen, S. M., *et al.* (2008). Intra-individual variability in ADHD, autism spectrum disorders and Tourette's syndrome. *Neuropsychologia*, *46*, 3030-3041.
- Garrett, D.D., Kovacevic, N., McIntosh, A.R., & Grady, C.L. (2011). The importance of being variable. *The Journal of Neuroscience*, *31*(12), 4496-4503.
- Ghisletta, P., Fagot, D., Lecerf, T., & de Ribaupierre, A. (2013). Amplitude of fluctuations and temporal dependency in intraindividual variability : Prediction of Cognitive Performance Two Years Later. *GeroPsych : The Journal of Gerontopsychology and Geriatric Psychiatry*, *26*(3), 141-152.
- Golay, P., Fagot, D., & Lecerf, T. (2013). Against coefficient of variation for estimation of intraindividual variability with accuracy measures. *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology*, *9*(1), 6-14.
- Hale, S., Myerson, J., Smith, G.A., & Poon, L.W., (1988). Age, variability, and speed: between-subjects diversity. *Psychology and Aging*, *3*, 407-410.
- Heathcote, A., Popiel, S.J., & Mewhort, D.J., (1991). Analysis of response time distributions: An example using the Stroop task. *Psychological Bulletin*, *109*, 340-347.
- Hogan, M.J. (2003). Average speed or variable speed-what do older adults really need? *Irish Journal of Psychology*, *24*, 161-183.
- Hultsch, D.F., MacDonald, S.W.S., Hunter, M.A., Levy-Bencheton, J., & Strauss, E., (2000). Intraindividual variability in cognitive performance in older adults: Comparison of adults with mild dementia, adults with arthritis, and healthy adults. *Neuropsychology*, *14*, 588-598.
- Hultsch, D.F., MacDonald, S.W.S., & Dixon, R.A., (2002). Variability in reaction time performance of younger and older adults. *Journals of Gerontology: Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, *57B*, P101-P115.
- Hultsch, D.F., & MacDonald, S.W.S., (2004). Intraindividual variability in performance as a theoretical window onto cognitive aging. In Dixon, R.A., Bäckman, L., Nilsson, L.-G. (Eds.), *New frontiers in cognitive aging* (pp. 65-88). Oxford University Press, Oxford, UK.
- Jensen, A. R. (1982). Reaction time and psychometric g. In H. J. Eysenck (Ed.), *A model for intelligence* (pp. 93-132). New York: Springer.
- Lautrey, J., & Caroff, X. (1996). Variability and cognitive development. *Polish Quarterly of Developmental Psychology*, *2*, 71-89.
- Lautrey, J. (2003). La psychologie différentielle à l'épreuve de la variabilité intraindividuelle. In A. Vom Hofe, H. Charvin, J.-L. Bernaud, & D. Guédon (Éds.), *Psychologie différentielle : recherches et réflexions* (pp. 9-28). Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- Larsen, R. J. (1990). Spectral analysis of psychological data. In A. von Eye (Ed.), *Statistical methods in longitudinal research* (Vol. 2, pp. 319-349). New York: Academic Press.
- Lecerf, T., Ghisletta, P. (2006). Variabilité intra-individuelle et mémoire de travail : invariance configurale ou invariance métrique ? In C. Houssemand, R. Martin, & P. Dickes. (Éds). *Perspectives de psychologie différentielle* (pp. 169-193). Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- Leth-Steensen, C., Elbaz, Z. K., & Douglas, V. I. (2000). Mean response times, variability, and skew in the responding of ADHD children: A response time distributional approach. *Acta Psychologica*, *104*, 167-190.
- Li, S.-C., Lindenberger, U., Hommel, B., Aschersleben, G., Prinz, W., & Baltes, P. B. (2004). Lifespan transformations in the couplings between intellectual abilities and constituent cognitive processes. *Psychological Science*, *15*, 155-162.
- Lindenberger, U., & von Oertzen, T. (2006). Variability in cognitive aging: From taxonomy to theory. In E. Bialystok, & F. I. M. Craik (Eds.), *Lifespan cognition: Mechanisms of change* (pp. 297-314). Oxford: University Press.

- Lövdén, M., Li, S.-C., Shing, Y. L., & Lindenberger, U. (2007). Within-person trial-to-trial variability precedes and predicts cognitive decline in old and very old age: Longitudinal data from the Berlin Aging Study. *Neuropsychologia*, *45*, 2827-2838.
- MacDonald, S. W. S., Hultsch, D. F., & Dixon, R. A. (2003). Performance variability is related to change in cognition: Evidence from the Victoria Longitudinal study. *Psychology and Aging*, *18*, 510-523.
- Macdonald, S.W., Hultsch, D.F., & Dixon, R.A. (2008). Predicting impending death: inconsistency in speed is a selective and early marker. *Psychology and Aging*, *23*, 595– 607.
- MacDonald, S. W. S., Nyberg, L., & Bäckman, L. (2006). Intra-individual variability in behavior: links to brain structure, neurotransmission and neuronal activity. *TRENDS in Neurosciences*, *29*, 474-480.
- Mella, N., de Ribaupierre, S., Eagleson, R., & de Ribaupierre, A. (2013). Cognitive Intraindividual Variability and White Matter Integrity in Aging. *The Scientific World Journal*, volume 2013, Article ID 350623. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/350623>.
- Nesselroade, J.R., (1991). The warp and the woof of the developmental fabric. In: R. Downs, L. Liben, & D.S. Palermo (Eds.), *Visions of aesthetics, the environment, & development: The legacy of Joachim F. Wohlwill* (pp. 213-240). Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ.
- Nesselroade, J.R., (2002). Elaborating the differential in differential psychology. *Multivariate Behavioral Research*, *37*, 543-561.
- Nesselroade, J.R., & Ghisletta, P., (2003). Structuring and measuring change over the lifespan. In: U.M. Staudinger, & U. Lindenberger (Eds.), *Understanding human development: Dialogues with lifespan psychology* (pp. 317-337). Kluwer Academic Publishers, Boston, M.A.
- Neuringer, A., (2002). Operant variability: Evidence, functions, and theory. *Psychonomic Bulletin & Review*, *9*, 672-705.
- Ratcliff, R. (1978). A theory of memory retrieval. *Psychological Review*, *85*, 59-109.
- Reuchlin, M. (1978). Processus vicariants et différences individuelles. *Journal de Psychologie*, *2*, 133-145.
- Salthouse, T.A. (2007). Implications of Within-Person Variability in Cognitive and Neuropsychological Functioning for the Interpretation of Change. *Neuropsychology*, *21*, 401-411.
- Salthouse, T. A. (2012). Psychometric properties of within-person across-session variability in accuracy of cognitive performance. *Assessment*, *19*(4), 494–501.
- Salthouse, T. A., & Nesselroade, J. R. (2010). Dealing with short-term fluctuation in longitudinal research. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, *65B*, (6), 698–705.
- Shammi, P., Bosman, E., & Stuss, D. T. (1998). Aging and variability in performance. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *5*, 1-13.
- Siegler, R. S. (1994). Cognitive variability: A key to understanding cognitive development. *Current Directions in Psychological Science*, *3*, 1-5.
- Slifkin, A. B., & Newell, K. M. (1998). Is variability in human performance a reflection of system noise? *Current Directions in Psychological Science*, *7*, 170-176.
- Spieler, D.H., Balota, D.A., & Faust, M.E. (1996). Stroop performance in healthy younger and older adults and in individuals with dementia of the Alzheimer's type. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *22*, 461-479.
- Stuss, D.T., Murphy, K.J., Binns, M.A., & Alexander, M.P. (2003). Staying on the job: The frontal lobes control individual performance variability. *Brain*, *126*, 2363-2380.
- Stuss, D.T., Pogue, J., Buckle, L., & Bondar, J. (1994). Characterization of stability of performance in patients with traumatic brain injury: Variability and consistency on reaction time tests. *Neuropsychology*, *8*(3), 316-324.

- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (1996). *Using multivariate statistics* (3rd ed.). New York: HarperCollins.
- van Geert, P., & van Dijk, M. (2002). Focus on variability: New tools to study intra-individual variability in developmental data. *Infant Behavior & Development, 25*, 340-374.
- Verhaeghen, P., Cerella, J., & Basak, C. (2006). Aging, task complexity, and efficiency modes: The influence of working memory involvement on age differences in response times for verbal and visuospatial tasks. *Aging, Neuropsychology, and Cognition, 13*, 254-280.
- Wagenmakers, E.-J., & Brown, S. (2007). On the linear relation between the mean and the standard deviation variance of response time distribution. *Psychological Review, 114*, 830-841.
- Wagenmakers, E.-J., Grasman, R., & Molenaar, P. C. M. (2005). On the relation between the mean and the variance of a diffusion model response time distribution. *Journal of Mathematical Psychology, 49*, 195-204.
- Wilkinson, L., & Task Force on Statistical Inference, APA Board of Scientific Affairs. (1999). Statistical methods in psychology journals: Guidelines and explanations. *American Psychologist, 54*, 594-604.
- Williams, B.R., Hulstsch, D.F., Strauss, E.H., Hunter, M.A., & Tannock, R. (2005). Inconsistency in reaction time across the life span. *Neuropsychology, 19*, 88-96.
- Winterer, G., & Weinberger, D.R. (2004). Genes, dopamine and cortical signal-to-noise ratio in schizophrenia. *Trends in Neurosciences, 27*, 683-690.