

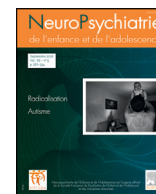


Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com



Mise au point

Le syndrome de dysfonctions non verbales (SDNV) : actualisation des connaissances et analyse d'une cohorte de 89 patients traités dans le centre expert Resodys

Syndrome of non-verbal learning disabilities (NVLD): An update and analysis of a cohort of 89 patients admitted to the Resodys expert center

A. Joffroy-Frixons^{a,b,*}, P. Colas^a, K. Abed^a, M. Gruel^a, M. Habib^{a,b}

^a NeurodysPaca et Dispositif Expert Resodys, 3 square Stalingrad, 13001 Marseille, France

^b Centre de recherche en psychologie et neurosciences UMR 7077, AMU, CNRS, Marseille, France

INFO ARTICLE

Mots clés :

Syndrome de dysfonctions non verbales
Dyspraxie visuospatiale
Critères cliniques

RÉSUMÉ

Le syndrome de dysfonctions non verbales (SDNV) est une forme de trouble des apprentissages largement évoquée dans les milieux cliniques, pédagogiques et associatifs, surtout dans les pays anglo-saxons et au Québec, mais dont l'identité nosographique n'est pas établie, ce qui freine le repérage précoce de ces enfants et adolescents, et retarde d'autant le diagnostic et donc la mise en place d'un protocole d'interventions. En France, ce terme commence à se diffuser parmi les professionnels impliqués dans l'apprentissage et ses troubles, tandis que ses répercussions spécifiques sur la vie quotidienne, scolaire et sociale des individus gagnent en reconnaissance. Cet article a un triple objectif : 1/faire le point de l'état actuel des connaissances sur la présentation et les mécanismes du trouble, à l'aide d'une revue succincte de la littérature centrée sur les travaux publiés au cours de ces dernières années, notamment deux méta-analyses et un rapide survol des quelques rares études en neuroimagerie qui lui ont été consacrées ; 2/tenter de répondre aux questions qui se posent encore sur sa réalité et sa place parmi les troubles d'apprentissage et plus généralement les troubles du neurodéveloppement (TND) à travers l'analyse d'une cohorte de 89 patients ayant été admis ces dernières années dans le centre expert Résodys, consacré à la prise en charge des troubles d'apprentissage sévères dans la région PACA ; 3/enfin, à la lumière des données précédentes, s'interroger sur la pertinence d'une nouvelle critériologie à l'usage des cliniciens, selon une démarche dimensionnelle plus que catégorielle, et apte à aider à une meilleure prise en compte des enfants et adolescents concernés. Nous proposons ainsi une vision nouvelle de ce syndrome, basée non plus sur la mise en évidence d'un écart à la norme mais sur le double constat de la multiplicité des secteurs cognitifs touchés, en général de façon modérée ou partielle, et sur l'écart de performance, chez un même individu, entre ces différents secteurs, notamment verbaux et non verbaux. De ce point de vue, notre expérience clinique nous écarte d'une partie de la littérature récente tendant à rendre équivalent SDNV et trouble visuospatial. Plus que le déficit avéré à un domaine des fonctions cognitives, tout laisse en effet penser que c'est la multiplicité des domaines touchés, même à un niveau infra-clinique, qui est caractéristique du syndrome. Bien qu'encore peu abondantes, les données de neuroimagerie semblent en faveur d'un défaut de connectivité de réseaux neuronaux impliqués en commun dans plusieurs des fonctions cognitives concernées.

© 2025 Les Auteurs. Publié par Elsevier Masson SAS. Cet article est publié en Open Access sous licence CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

ABSTRACT

Keywords:

Non-verbal dysfunction syndrome
Visuo-spatial dyspraxia
Clinical criteria

The so-called Non-Verbal Learning Disabilities (NVLD) syndrome is a type of learning disorder that is frequently discussed in clinical, educational, and community contexts, particularly in Anglo-Saxon countries and Quebec. However, its nosographic identity remains undefined, which hinders the early

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : aude.joffroy-frixons@univ-amu.fr (A. Joffroy-Frixons).

<https://doi.org/10.1016/j.neurenf.2025.06.002>

0222-9617/© 2025 Les Auteurs. Publié par Elsevier Masson SAS. Cet article est publié en Open Access sous licence CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

identification of affected children and adolescents and consequently delays diagnosis and the implementation of appropriate intervention protocols. In France, the term is gradually gaining recognition among professionals involved in learning disorders, while its specific impacts on daily, academic, and social life are also becoming more acknowledged. This article has three main objectives: 1/to provide an overview of current knowledge regarding the presentation and mechanisms of the disorder through a brief literature review focused on recent publications, including two meta-analyses and a summary of the few neuroimaging studies dedicated to it; 2/to address ongoing questions regarding the clinical reality of the disorder and its classification among learning disabilities and, more broadly, neurodevelopmental disorders (NDDs) by analyzing a cohort of 89 patients recently admitted to the Résodys center which is specialized in the care of severe learning disorders in the PACA region of France; 3/finally, in light of these findings, to examine the relevance of a new set of diagnostic criteria for clinicians, adopting a dimensional rather than categorical approach to better support affected children and adolescents. We thus propose a new perspective on this syndrome—one that no longer focuses on deviation from the norm but rather on two key observations: the multiplicity of moderately or partially affected cognitive domains, and the intra-individual performance discrepancies among these domains, particularly verbal and nonverbal. From this standpoint, our clinical experience diverges from a portion of the recent literature that equates NVLD with visuospatial disorder. More than an isolated cognitive deficit, the hallmark of this syndrome seems to lie in the coexistence of subtle impairments across several domains—even at a subclinical level. Though still limited, neuroimaging data tend to support the hypothesis of impaired connectivity among neural networks that jointly contribute to several of the cognitive functions involved.

© 2025 The Authors. Published by Elsevier Masson SAS. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Dans le contexte de consultations d'enfants ou d'adolescents pour trouble d'apprentissage, à côté des conditions classiquement incluses parmi les troubles du neurodéveloppement [1], qu'il s'agisse de troubles spécifiques d'apprentissage (trouble spécifique du langage écrit TSLE anciennement dyslexie-dysorthographe, dyscalculie) [2], de troubles du développement des coordinations [3] (TDC, anciennement dyspraxie) ou du langage oral (TDL), ou encore de troubles de l'attention [4] (TDAH, ou dans sa forme cognitive pure, TDA), il est de plus en plus souvent fait référence à des tableaux cliniques particuliers marqués par le contraste entre le développement des fonctions verbales et non verbales, d'où la terminologie usuelle de « Syndrome de Dysfonctions non verbales (SDNV) », en traduction de l'appellation anglo-saxonne de « Non-verbal learning disabilities (NVLD) ». Pourtant, cette condition n'est pas reconnue comme un trouble du neurodéveloppement par les principales classifications officielles, le DSM-5 et la CIM-11. Le but de cet article est de rassembler les éléments de discussion susceptibles de faire avancer sa compréhension, sa reconnaissance en tant que diagnostic indépendant, et au final en permettre une meilleure prise en considération par les professionnels, médicaux ou non médicaux, confrontés à ces enfants et adolescents.

2. Historique et revue succincte de la littérature

L'étude des troubles d'apprentissage (TA) a commencé vers les années 1890, lorsque la scolarisation est devenue obligatoire dans la plupart des pays. À cette époque, l'accent était mis sur la relation entre l'intelligence et la lecture et a conduit aux premiers tests d'intelligence de Binet et Simon, conçus pour sélectionner les enfants incapables de suivre un enseignement scolaire normal. Au cours des 60 années qui ont suivi, les TA ont été définis comme l'incapacité de lire et d'écrire, une vision ensuite renforcée par de nombreux travaux sur le mécanisme et les méthodes de traitement (par exemple, Orton, 1937 [5]).

Cet objectif purement pédagogique a connu ensuite un appui considérable de la recherche en psychologie cognitive et psycholinguistique, mettant notamment l'accent sur le lien considéré comme quasi-exclusif entre langage écrit et oral, à travers une construction théorique universellement prévalente autour du concept de trouble phonologique [6]. Parallèlement, ce changement radical

de perspective a donné lieu à une série de publications d'une équipe de la Northwestern University [7,8] qui ont les premiers proposé d'étendre la notion de trouble d'apprentissage à un type non verbal, c'est-à-dire des enfants qui, contrairement à la majorité des autres, n'avaient pas de problèmes graves de langage et pouvaient acquérir la lecture et l'écriture, mais qui avaient « des problèmes persistants d'orientation droite-gauche, de construction et d'arithmétique, dont le déficit n'est pas verbal, pas académique au sens habituel, mais qui sont incapables de comprendre la signification de nombreux aspects de leur environnement ».

Quelques années plus tard, un neuropsychologue de l'Université de Windsor, en Ontario, Byron Rourke, et ses collaborateurs ont entrepris l'étude de ce nouveau type de TA. À la recherche de sous-types, ils ont d'abord tenté d'isoler les apprenants déficitaires en arithmétique, en suggérant que ceux-ci étaient définis principalement par le fait qu'ils présentaient à l'échelle d'intelligence WISC de Wechsler, un profil dit « ACID » (Arithmétique, Codage, Information et Digit Span) un constat principalement basé sur une analyse en cluster de 181 enfants [9]. En fin de compte, Rourke et ses collègues [10] ont été à même de proposer un certain nombre de « critères de test pour les sujets potentiellement atteints de SDNV », à savoir :

- la supériorité des scores à une batterie de lecture et d'orthographe (WRAT) par rapport à une batterie d'évaluation de l'arithmétique (WRAT Arithmetic) d'une déviation standard au moins ;
- un quotient verbal supérieur au quotient non verbal (alors dénommé « performance ») de 10 points au moins ;
- une altération à plus d'une déviation standard de la norme à un test de manipulation motrice (planche à trous ou pegboard) et à divers tests de gnosies digitales (dysgraphesthésie, agnosie digitale, ou astéréognosie).

L'ensemble de ces tests étant capable, d'après les auteurs, de prédire avec une grande spécificité le diagnostic de SDNV ; en outre, ces déficits étaient réputés avoir un retentissement négatif sur la réussite académique en arithmétique et s'accompagner d'un comportement social/émotionnel dit « maladaptatif ». Sur ce dernier point, plusieurs auteurs se sont attachés à décrire la présence de déficit des relations sociales rappelant le syndrome d'Asperger, tout en défendant l'autonomie par rapport à ce dernier [11] (voir ci-dessous), alors que d'autres ont surtout envisagé la problématique d'un point de vue psychiatrique, insistant notamment sur la

comorbidité possible avec des symptômes anxio-dépressifs et/ou une fragilité constitutionnelle de la personnalité [12].

Menant plusieurs études approfondies de ce syndrome afin d'en étudier l'étiologie mais également l'évolution au cours de l'enfance et l'adolescence, Rourke a insisté sur la comparaison avec différentes pathologies neurologiques (Asperger, agénésie calleuse, syndrome de Turner...) : la similitude entre les caractéristiques de ces diverses populations est attribuée par cet auteur à une atteinte spécifique de la substance blanche, dont il expose en détail, à la lumière des connaissances de l'époque, l'origine probable et les conséquences. D'autres ont insisté, non plus sur la distinction substance blanche/substance grise, mais sur la distinction hémisphère droit/hémisphère gauche, faisant de ce tableau psychocognitif un syndrome de dysfonction hémisphérique droite. C'est ainsi que Weintraub et Mesulam [13] ont décrit 14 adultes dont le tableau commun associait un échec scolaire, notamment en arithmétique, un QI verbal haut ou dans la moyenne, et des signes neurologiques évoquant une dysfonction hémisphérique droite, notamment un défaut de la gestualité et de la prosodie qui accompagnent normalement l'expression dans la communication, et surtout des particularités de la personnalité marquée par une timidité excessive, un évitement du regard et un « isolement social », des caractéristiques souvent retrouvées chez les ascendants des patients examinés. Le terme de syndrome hémisphérique droit développemental a été ensuite utilisé [14,15] avant de laisser la place à celui de « non-verbal learning disabilities ».

Il n'est pas anodin de remarquer qu'à la même époque où naissait en Amérique du Nord cet intérêt pour la description de profils cognitifs inhabituels, divers auteurs européens, notamment en France, mettaient en avant des tableaux cliniques variablement dénommés « dysharmonie développementale », « hétérochronie maturationnelle » [16], et plus tard « dysharmonie cognitive » [17]. Gibello, en particulier faisait le lien entre cette hétérogénéité du développement cognitif et des formes plus ou moins sévères de troubles d'apprentissage. Toutefois, sa référence systématique à un modèle piagétien de perturbation de la chronologie des stades de maturation, l'a amené à une conceptualisation opposant l'intelligence à la pensée logique, qui a été ultérieurement contredite [18,19] et n'est actuellement pratiquement plus utilisée en matière de troubles d'apprentissage. Par exemple, sa description d'adolescents « parfaitement intelligents mais restés au stade de la pensée opératoire » [20] serait aujourd'hui interprétée comme typique de dyscalculie, et donc mieux expliquée par la dysfonction d'un module cortical de la représentation du sens des nombres [21].

En revanche, les thèses cérébrales de Rourke, malgré leur caractère encore rudimentaire, ont eu le mérite de susciter une réflexion en cohérence à la fois avec une vision neuropsychologique moderne du fonctionnement mental et avec les données naissantes de la neuroimagerie, comme cela sera évoqué plus loin.

Par la suite, divers chercheurs, selon leurs domaines prioritaires de recherche, ont mis l'accent sur certaines composantes de ce tableau, par exemple le trouble de la cognition mathématique [22], les modifications psycho-affectives ou encore le trouble des fonctions visuospatiales [23]. Certains comme Pennington [24], suggèrent que les déficits primaires chez les enfants atteints de SDNV résident dans les mathématiques, l'écriture manuscrite et le dessin et que les problèmes de cognition sociale, d'attention et de formation de concepts pourraient être considérés comme des symptômes associés. D'autres ont insisté sur le fait que, pour que le SDNV soit considéré comme un trouble d'apprentissage (TA), le diagnostic doit d'abord vérifier si les critères généraux d'un TA sont remplis [25]. Ils se sont donc concentrés sur les lacunes académiques liées aux déficits visuospatiaux, considérant les problèmes émotionnels et sociaux comme des symptômes possibles associés, mais non un critère prioritaire comme suggéré dans les travaux initiaux de Rourke [26].

Une première revue de la littérature sur le sujet a porté un coup sévère à l'existence même du syndrome en montrant qu'il n'existait aucune preuve solide en faveur d'aucune des théories explicatives [27].

Pour autant, les travaux scientifiques les plus récents défendent l'identité du SDNV, insistant sur la constance de déficits visuospatiaux et visuoconstructifs, au point que certains utilisent le terme de dyspraxie visuospatiale comme synonyme de SDNV [28]. En particulier, l'équipe de Cornoldi, de l'Université de Padoue, soutient qu'un facteur crucial sous-jacent aux difficultés rencontrées par les enfants atteints de SDNV serait représenté par leurs déficits de mémoire de travail visuospatiale (VSWM) [29], ce qui pourrait expliquer pourquoi les enfants atteints de SDNV échouent dans un certain nombre d'activités (mathématiques, dessin, orientation spatiale, etc.) supposées impliquer la VSWM.

Une dernière méta-analyse [30] de la littérature souligne la grande hétérogénéité des critères de définition du SDNV, le caractère exclusivement transversal des études menées, ainsi que le fait que, depuis l'émergence du concept, seules 50 études répondent aux critères de qualité requis pour être prises en compte. Malgré cela, les auteurs considèrent que les jeunes souffrant de SDNV, défini notamment par un déficit dans les aptitudes visuospatiales, peuvent être différenciés de façon fiable de ceux souffrant d'autres troubles d'apprentissage, de même que d'autres groupes cliniques, notamment d'autisme de haut niveau intellectuel.

3. La question de la frontière avec l'autisme

Un point important dans la récapitulation historique du concept de SDNV a été la présence de signes évoquant un trouble des compétences sociales. À cet égard, de nombreux auteurs se sont penchés sur la différenciation clinique entre cet aspect des SDNV et les difficultés rencontrées par certains patients souffrant de troubles du spectre autistique (TSA), anciennement regroupés sous le terme de syndrome d'Asperger - un terme encore largement utilisé mais qui ne fait plus partie des terminologies officielles. En effet, alors que le DSM-5 comme la CIM 11 concordent dans la définition du TSA selon deux types de symptômes :

- « déficits persistants de la communication et des interactions sociales » ;
- « caractère restreint et répétitif des comportements, des intérêts ou des activités ».

Les auteurs qui ont discuté ce point conviennent que seul le premier est retrouvé assez souvent dans le SDNV, de sorte que la présence d'éléments du deuxième groupe de symptômes permet d'éliminer ce diagnostic et de suggérer au contraire un diagnostic d'autisme. Il est souvent remarqué que cette distinction franche pourrait être mise en défaut si on considère une sorte de continuité entre les deux syndromes, les déficits sociaux observés dans le SDNV pouvant alors être considérés comme une forme mineure du trouble d'interaction sociale de l'autisme, notamment chez les personnes à haut potentiel intellectuel. Il est enfin souvent avancé qu'un des éléments pouvant faire la différence est la présence de troubles visuospatiaux plus importants dans le SDNV que dans le TSA [31]. Une présentation segmentée de l'épreuve des cubes des échelles de Wechsler [32] est réputée permettre de distinguer les adolescents autistes de témoins neurotypiques du fait que ces derniers, et non les premiers, seraient améliorés par la version segmentée, rappelant l'hypothèse d'un « défaut de cohérence centrale » dans l'autisme [33].

Il est surprenant à cet égard que peu d'auteurs s'étant penchés sur les questions afférentes au diagnostic du SDNV aient fait jusqu'ici allusion à un tableau qui est, lui, parfaitement intégré

dans les classifications : le trouble de la communication sociale (pragmatique du langage) : difficulté dans les interactions avec ses pairs, souvent rapportée à une timidité excessive, atypies dans l'interaction avec l'adulte, notamment en situation de consultation où l'examineur peut être frappé par une tendance du patient à éviter le regard, et surtout la présence de performances souvent étonnamment basses dans des tâches standardisées de compréhension du sens figuré des expressions, des métaphores, des proverbes, et de manière générale avec une tendance marquée à s'en tenir au sens littéral des phrases proposées. L'humour au second degré est souvent rapporté par les familles comme leur ayant toujours posé des problèmes. Ce qui frappe en général surtout, c'est le contraste entre les excellentes performances verbales générales (comme dans les épreuves de syntaxe ou de vocabulaire, et à un moindre degré de compréhension de textes) et les difficultés rencontrées dès lors qu'on aborde des expressions au contenu métaphorique. Dans l'ensemble, on pourra rencontrer des difficultés dans l'utilisation sociale de la communication verbale et non verbale, notamment le patient peut avoir des comportements non verbaux absents ou inappropriés, mauvaise posture, manque d'expression faciale et corporelle, intonation monocorde. Ce tableau de trouble de la pragmatique est exclu, depuis le DSM-5, du cadre du spectre de l'autisme, qui en devient un diagnostic différentiel, la distinction reposant sur la présence de comportements répétitifs/intérêts restreints, présents ou même passés : il suffit que l'on puisse mettre en évidence rétrospectivement la présence de tels comportements durant l'enfance, même s'ils ont disparu au moment où l'on rencontre le patient, pour qu'on ne soit plus en droit de porter ni le diagnostic de trouble de la communication sociale, ni celui de SDNV, et que l'on doive alors retenir celui de trouble du spectre de l'autisme.

La présence d'un tel tableau associé aux autres éléments du syndrome est généralement considérée comme un fort argument en faveur du diagnostic de SDNV. Pour autant, la présence d'une symptomatologie « TSA-like » n'est en rien indispensable au diagnostic de SDNV, dont il ne constituerait qu'une forme clinique particulière.

4. Mise à l'épreuve des critères classiques : analyse de la cohorte Résodys

4.1. Critères cliniques appliqués

Pour tester en contexte clinique les différents points soulevés par la discussion ci-dessus, nous avons analysé une cohorte de 152 enfants (voir sélection sur Fig. 1), 44 filles, 108 garçons, d'âge moyen 9 ans 6 mois, adressés au réseau de santé spécialisé Résodys [34] pour des difficultés persistantes d'apprentissage, et dont le tableau était compatible avec un diagnostic de SDNV, conformément au critère principal retenu dans la littérature la plus récente, à savoir :

- un déficit significatif aux épreuves visuospatiales ;
- et/ou un écart significatif entre l'indice verbal et un indice non verbal.

La Fig. 1 décrit la démarche de sélection telle qu'adoptée dans cette étude : sur 950 dossiers de patients reçus en 2020 et 2021, dans lesquels figurent les éléments psychométriques (WISC-5), neuropsychologiques, et psychomoteurs, 152 dossiers ont été retenus après avoir pris en compte les critères d'exclusion classiques. Finalement, après avoir exclu les cas de trouble sévère du langage oral, 89 dossiers ont été conservés s'ils présentaient soit un trouble visuospatial ou constructif avéré, soit un écart de plus de 10 % entre l'indice de raisonnement verbal et un des 3 indices non verbaux (voir ci-dessous).

4.2. Analyse des troubles associés au SDNV dans la cohorte

Comme cela émerge de l'analyse rétrospective telle que nous l'avons résumée à travers l'historique du concept de SDNV, bien que les auteurs n'aient pas réellement mis l'accent sur ce point, on remarquera qu'un caractère assez récurrent dans la littérature est l'altération concomitante de plusieurs secteurs du fonctionnement cognitif. Nous avons donc recherché, dans chacun des dossiers de la cohorte, les éléments en faveur des différents diagnostics comorbides. Contrairement à nos attentes, les symptômes classiquement associés (dyscalculie, défaut dans les interactions sociales) n'étaient pas majoritaires parmi les troubles rapportés. En revanche, nous avons retrouvé une incidence particulièrement élevée de troubles de l'écriture, de la coordination motrice, de l'attention avec ou sans hyperactivité et bien sûr de troubles visuospatiaux et constructifs (puisque'il s'agit d'un des critères de sélection le plus souvent proposé). Il faut reconnaître que, lorsqu'on analyse rétrospectivement ces 89 dossiers, très peu avaient été identifiés comme relevant d'un SDNV, du fait soit de la non-familiarité avec le concept de SDNV par les praticiens qui avaient examiné le patient, soit de l'absence de déficits objectifs sur les tests cognitifs réalisés. De plus en plus souvent, cependant, les neuropsychologues évoquent ce diagnostic face à des troubles d'apprentissages caractérisés par l'association de plusieurs de ces déficits. Ainsi, cette analyse confirme qu'une caractéristique majeure du SDNV est bien la présence d'une atteinte de plusieurs domaines cognitifs, mais à un niveau de sévérité qui n'atteint pas toujours la significativité suffisante pour alerter les praticiens ayant réalisé les tests.

Cette démarche, plutôt dimensionnelle et moins catégorielle que celle prônée par exemple par le DSM [35], se veut plus proche de la réalité clinique et mieux à même de rendre compte des profils cognitifs individuels dans toute leur diversité.

La Fig. 2 rapporte les différents symptômes associés ainsi retrouvés et leur fréquence respective.

Il convient de noter que parmi ces 89 patients, plus de la moitié présentaient également une dyslexie, un diagnostic que nous n'avons pas considéré comme un critère d'exclusion, bien que cela ait été parfois préconisé : en effet, le trouble de la lecture est actuellement considéré comme multifactoriel, et non spécifiquement un problème linguistique. En tout état de cause, lorsqu'il y a eu un trouble d'acquisition de la lecture, il était en général relativement modéré, et d'intensité moindre que les manifestations non verbales, notamment la dysgraphie, le défaut de coordination des gestes, eux-mêmes souvent associés à des troubles d'attention ayant leur propre impact sur la réussite académique.

En revanche, la faible incidence de dyscalculie avérée (24/89) ne permet pas de mettre en évidence la classique dissociation entre aptitudes de lecture et de calcul (aux dépens de cette dernière). De même, on remarquera que la présence de troubles visuospatiaux et/ou constructifs à un niveau pathologique, tels que rapportés dans les bilans psychomoteurs de chaque dossier, est loin d'être constante, contrairement à ce qui est souvent rapporté dans la littérature. Au contraire, le domaine visuospatial n'apparaît ici que comme l'un des domaines affectés, au même titre que celui de l'attention, de la coordination motrice corporelle, et de la grapho-motricité. En définitive, le point commun de tous les cas retenus est la présence de plusieurs secteurs cognitifs altérés de manière plus ou moins concomitante, et la présence d'un écart entre les indices de l'échelle d'intelligence de Wechsler.

4.3. Analyses des écarts entre indices verbal/non verbal de la cohorte

Le test psychométrique du WISC proposait jusque dans sa troisième version le calcul d'un indice verbal et d'un indice non verbal autrement appelé « indice de performance ». Dans ces conditions, la

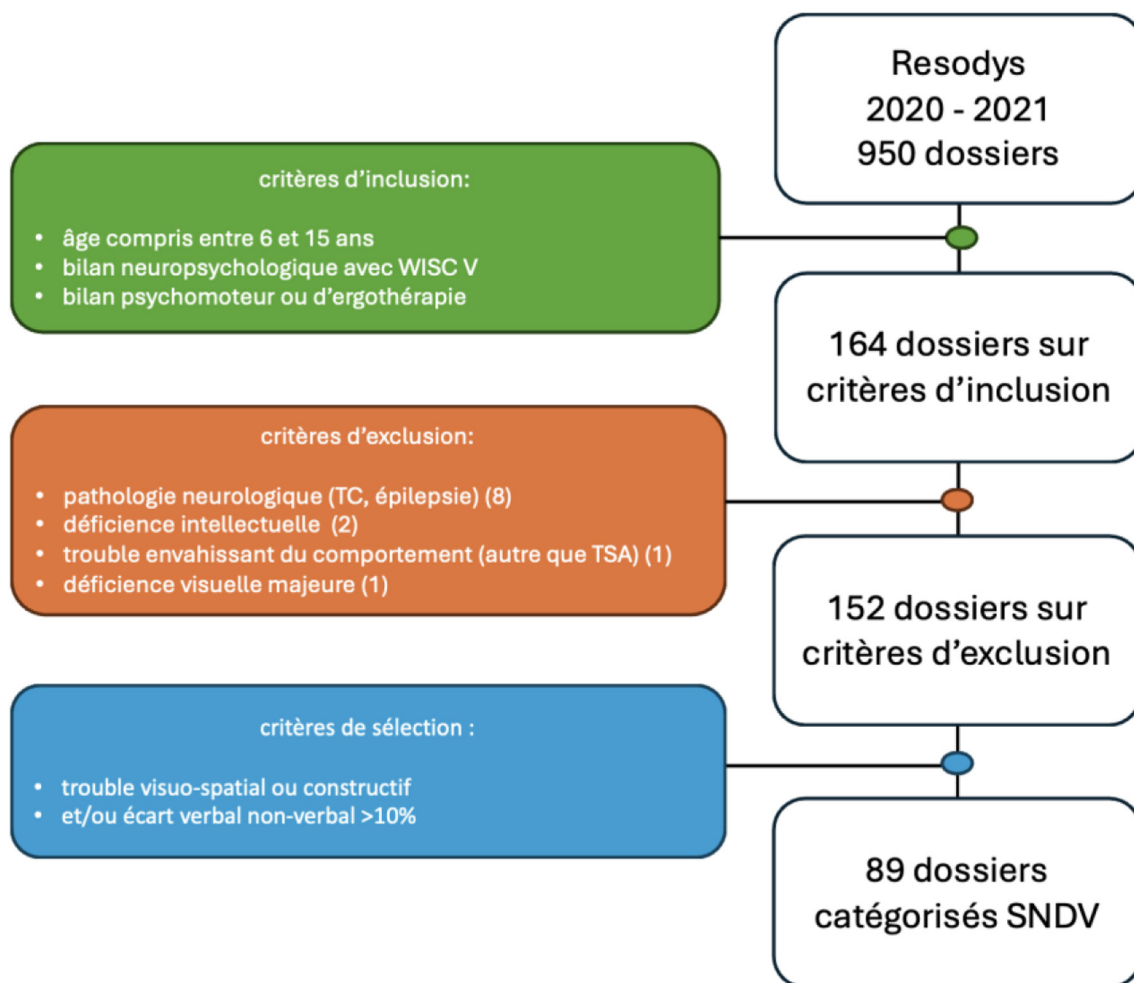


Fig. 1. Cohorte Résodys.

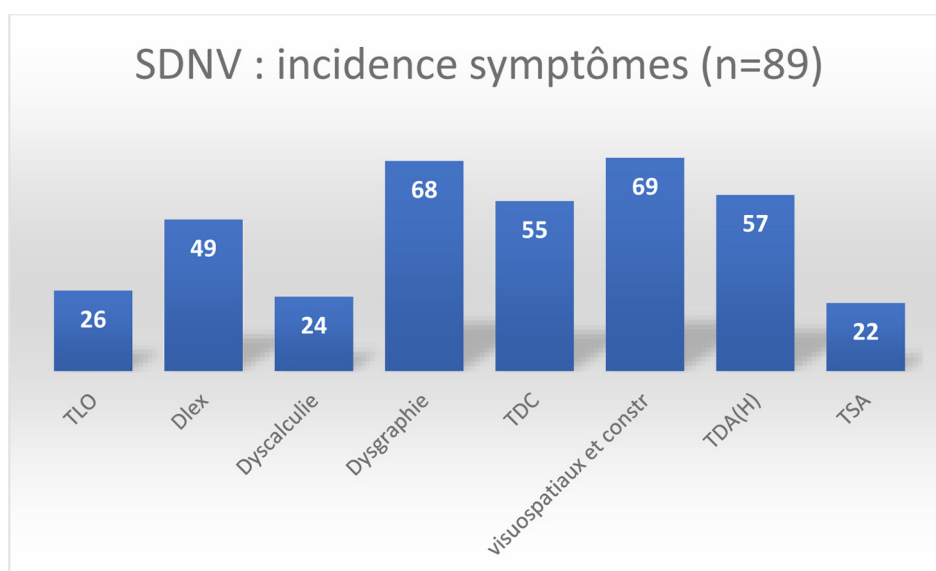


Fig. 2. Analyse des déficits relevés dans les principaux domaines caractéristiques de la dysfonction du SNDV dans une cohorte de 89 enfants (âge moyen 9 ans 8 mois).

mesure de l'écart verbal-non verbal ne souffrait ni d'ambiguïté ni de questionnement mais restait peu informatif en termes de précision sur les mécanismes mis en jeu.

Depuis 2003, les versions 4 puis 5 du test WISC donnent lieu au calcul de différents indices basés sur la théorie CHC afin de quan-

tifier les différentes aptitudes humaines. En particulier, le WISC-V propose le calcul de cinq indices à savoir un indice de compréhension verbale (ICV), un indice visuospatial (IVS), un indice de raisonnement fluide (IRF), un indice de mémoire de travail (IMT) et enfin un indice de vitesse de traitement (IVT). Ceux-ci ont été

Tableau 1

Contribution de chaque écart inter-indices aux quatre dimensions de l'ACP.

	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4
ICV-IVS	13,43	8,56	15,13	0,03
ICV-IRF	9,44	0,29	7,89	26,08
ICV-IMT	4,68	7,63	29,88	0,47
ICV-IVT	27,63	1,78	0,17	0,15
IVS-IRF	1,48	9,41	3,19	33,61
IVS-IMT	3,23	33,67	1,38	0,73
IVS-IVT	7,43	19,97	11,03	0,40
IRF-IMT	0,77	13,50	9,69	22,28
IRF-IVT	14,34	4,50	3,90	16,22
IMT-IVT	17,56	0,69	17,74	0,02

retenus parmi les huit facteurs du modèle CHC pour leur intérêt clinique dans la détection des TND.

Ainsi, le manuel de cotation de la version française du WISC V [36] fournit, pour chaque niveau d'intelligence globale et pour toutes les combinaisons inter-indices, les fréquences d'observation selon chaque point d'écart entre deux indices. Par exemple, pour un QI total entre 90 et 110, on observe sur le tableau que 12,6 % des enfants ont un écart de 15 points ou plus entre ICV et IVS, en faveur de l'ICV. Dans notre cohorte, 43 enfants sur 89 s'avèrent avoir un écart de 15 points et plus en faveur de l'ICV. Selon un test du χ^2 de conformité il résulte que la probabilité pour que cette observation soit le fruit du hasard ou d'une erreur de mesure est quasi nulle ($\chi^2 = 103,09$, $p < 2,2 \times 10^{-16}$, $\varphi = 1,07$).

Cependant, la multiplicité des indices non verbaux nous incite à explorer l'ensemble des combinaisons des différences inter-indices afin d'en extraire la ou les plus pertinentes en regard de notre problématique. Un moyen d'analyser globalement les tendances inhérentes à cette population, est de réaliser une analyse en composantes principales (ACP) entre les différentes mesures d'écarts entre indices. L'analyse de l'inertie des axes factoriels indique que plus de 80 % de la variabilité totale du nuage des différences inter-indices est expliquée uniquement par trois dimensions (Fig. 3).

La première dimension est majoritairement portée par la différence ICV-IVT dont la contribution s'élève à près de 28 % (Tableau 1). Cet écart, à lui seul, permet donc d'expliquer près de 10 % de la variabilité des données de la cohorte. La deuxième dimension est portée à 34 % par la différence entre IVS-IMT (Tableau 1). Celui-ci permet ainsi d'expliquer également près de 9 % de la variabilité des données. De plus, la construction simultanée du cercle des corrélations et de la carte des individus selon qu'ils sont catégorisés SDNV ou non SDNV (Fig. 4, à gauche), nous informe sur la capacité discriminatoire des dimensions 1 et 2 entre SDNV et non SDNV. Les deux dimensions suivantes (3 et 4) reposent respectivement sur l'écart ICV-IMT (contribution de 30 à la dimension 3) et IVS-IRF (contribution de 34 à la dimension 4) (Tableau 1).

La troisième dimension repose sur l'écart ICV-IMT. Ce nouvel écart s'avère redondant vis-à-vis des deux dimensions précédentes et apporte moins d'intérêt dans la catégorisation des SDNV.

Les autres écarts, notamment ICV-IVS et ICV-IRF ont moins d'incidence sur la répartition totale des performances de la cohorte. On peut donc en déduire que l'élément majeur en termes d'écart verbal/non verbal concerne la vitesse de traitement (notamment représentée par l'épreuve des codes qui comporte une composante visuomotrice et une composante attentionnelle) plus que les capacités visuoconstructives (représentées notamment par l'épreuve des cubes, constitutive de l'IVS). Cela corrobore en outre la fréquence observée de dysgraphie et de troubles de la coordination associés à une fréquence importante de trouble déficitaire d'attention avec ou sans hyperactivité. De façon surprenante, le vecteur ICV-IVS, qu'on aurait pu attendre plus directement impliqué comme porteur principal d'une dimension, l'est en fait seulement indirectement, puisqu'il est à égale distance des deux axes prin-

cipaux. De plus, ce n'est pas un facteur verbal qui détermine la deuxième dimension, mais l'écart entre l'indice visuospatial IVS et l'indice de mémoire de travail (IMT), traduisant l'opposition entre les performances visuospatiales et exécutives, représentées par l'indice de mémoire de travail. De fait, le score en mémoire de travail comparé à celui des performances visuospatiales apporte une information complémentaire concernant les deux types de fonctions non verbales, qui, étant orthogonales à l'écart verbal/non verbal, apparaissent indépendantes de ce dernier. En d'autres termes le spatial représenté par IVS et l'exécutif représenté par IMT impactent de façon différentielle la distribution des résultats et ce de façon indépendante de l'effet verbal/non verbal. Il s'agit là d'une information nouvelle par rapport aux modèles précédemment proposés qui ne considéraient que l'axe verbal/non verbal. On peut donc dire qu'il y a également, et de façon indépendante, un axe spatial/exécutif qui doit être pris en considération. Le vecteur IVS-IRF pour sa part n'arrive qu'en dimension 4 et bien qu'expliquant environ 6 % de la variance des données de la cohorte, on constate qu'il n'est que faiblement discriminant pour la catégorisation SDNV/non SDNV (Fig. 4, à droite).

En définitive, cette analyse confirme que le SDNV correspond à une atteinte combinée et simultanée de domaines neurofonctionnels multiples et que c'est cette multiplicité qui caractérise le mieux le syndrome plus que le niveau des déficits individuels qui le composent ou même que la nature (p.e. verbale/non verbale) des écarts constatés.

5. Singularité du SDNV au sein des troubles du neurodéveloppement

La démarche diagnostique classique en neuropsychologie du développement consiste à mesurer des performances, portées par des tests spécifiquement conçus pour refléter le fonctionnement de modules fonctionnels préalablement isolés, et pour certains identifiés à des circuits spécifiques au sein du système nerveux. Cette démarche classique sert majoritairement de base à la détermination d'un diagnostic, dont découlera une stratégie thérapeutique, le choix des modes d'intervention (médicamenteuses, rééducatives, appui aux habiletés parentales, etc.), des professionnels sollicités, et de la priorité de leur intervention respective. Bien que l'organisation du système cognitif chez l'enfant ne soit pas superposable à celle de l'adulte, on admet actuellement que la maturation du cerveau est caractérisée par une accentuation progressive de la modularité sous l'effet de l'apprentissage [37].

Dans le cas particulier du SDNV, c'est de l'appréciation de l'efficacité relative des différentes composantes du système cognitif que découle le diagnostic et non de leur efficacité absolue individuelle.

À cet égard, on se trouve typiquement face à des situations multidimensionnelles requérant une « perspective développementale et intégrative » au sens où la mise en place progressive et éventuellement asynchrone des différents modules fonctionnels au cours du développement implique un fort degré de variabilité individuelle liée aux interactions multiples de l'individu avec son environnement [38]. Une telle complexité, dont on voit se dessiner quelques profils à travers l'analyse de notre cohorte, ne se satisfera pas de la mesure d'un ou plusieurs scores à des tests individuels, mais nécessitera une description intégrée des multiples dimensions analysées. Ainsi, la démarche du clinicien face à ces tableaux est doublement singulière : d'une part, elle consistera à se fier à la pluralité des déficits, même de faible intensité, de modules fonctionnels différents et, d'autre part, à rechercher les écarts d'aptitudes entre ces différents modules, notamment mais pas exclusivement, par comparaison aux aptitudes langagières. Il faut noter, à ce propos, que l'indice dit « de compréhension verbale » (ICV) du test d'intelligence

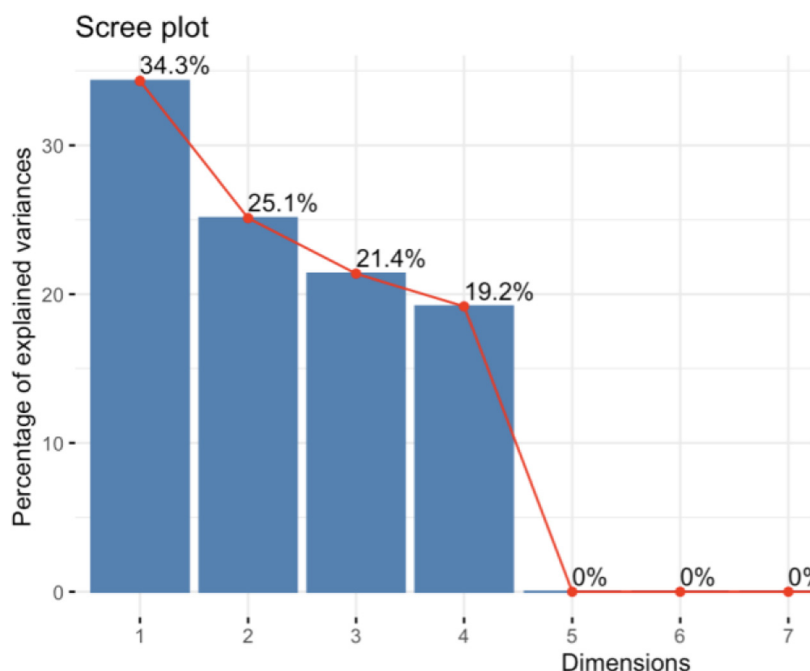


Fig. 3. Pourcentage de variance expliquée par chacune des dimensions de l'ACP.

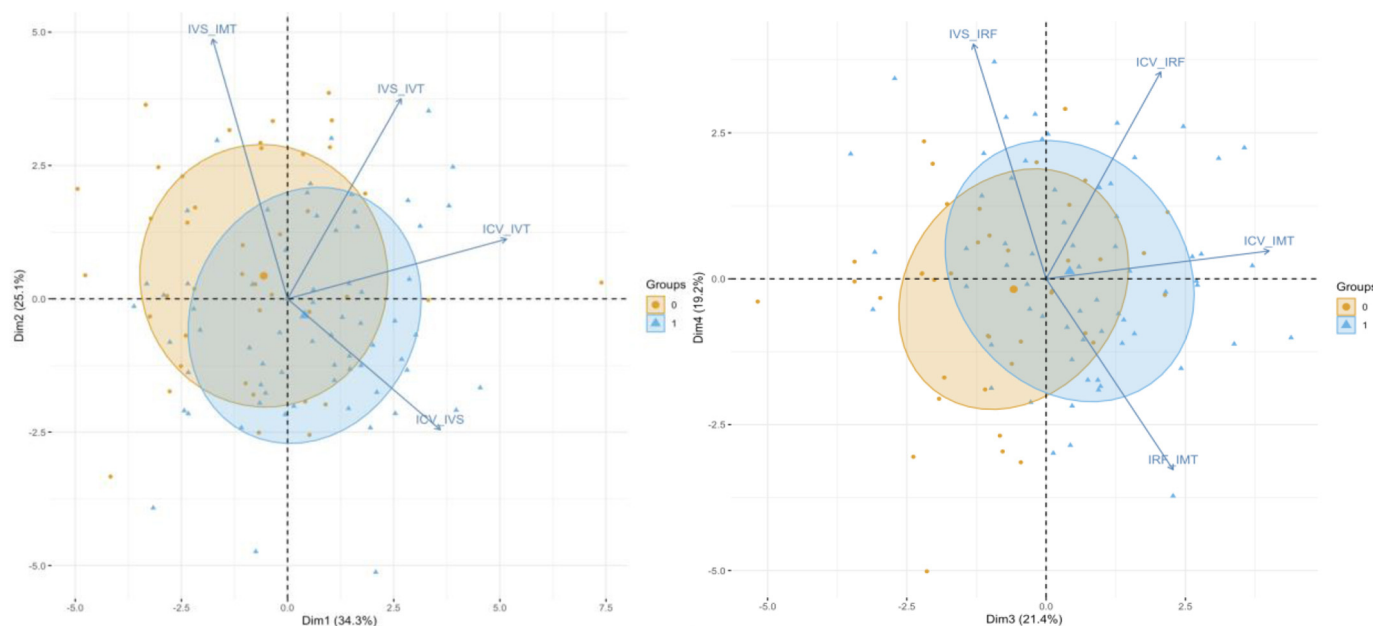


Fig. 4. Construction simultanée du cercle des corrélations de l'ACP et de la carte des individus selon le groupe (SDNV ou non SDNV) avec ellipse d'appartenance au groupe (à gauche dimensions 1 et 2, à droite dimensions 3 et 4).

de Wechsler, reflète non pas l'efficacité du système linguistique hémisphérique gauche, dans un sens purement instrumental, mais la capacité de l'individu à raisonner en utilisant son système linguistique, une capacité qui est réputée distribuée plus largement entre les deux hémisphères, ce qui limite le potentiel explicatif de modèles réduisant le SDNV à une dysfonction de l'hémisphère droit. Dans le même esprit, les troubles de l'écriture et ou de la coordination motrice, sont plutôt rapportés à un défaut hémisphérique gauche ou bilatéral.

À un degré de complexité supplémentaire, lorsque parmi ces dimensions s'insèrent des aspects affectifs et comportementaux, on pourra se trouver face à des tableaux tels que ceux décrits sous les termes de « trouble développemental multicomplexe (MCDD) »

[39], dont la prise en charge nécessite le recours à des équipes mixtes neuropsychiatriques. Il faut toutefois remarquer que le premier motif d'inclusion dans le dispositif était la présence de troubles sévères d'apprentissage, et qu'a priori des enfants avec de tels troubles du comportement (« challenging behaviors ») n'y étaient pas adressés.

6. L'éclairage des données de la neuroimagerie

Une des premières études d'imagerie consacrée à cette problématique [40] a examiné les différences morphologiques dans le corps calleux chez 147 enfants âgés de 8 à 18 ans dont 19 SDNV, 23 atteints d'autisme de haut niveau (TSA), 23 atteints de TDAH

prédominant inattentif (TDAH : PI) et 25 atteints de TDAH de type combiné (TDAH : C), ainsi que de 57 présentant un développement typique. La zone médio-sagittale du corps calleux et cinq segments médio-sagittaux antérieurs à postérieurs du corps calleux ont été examinés à l'aide de l'imagerie par résonance magnétique.

Comme beaucoup d'études de neuroimagerie, la taille de l'échantillon de celle-ci comprenait moins de 30 participants par groupe clinique, avec chacun une forte variabilité, limitant la fiabilité des résultats. Ainsi, aucune différence entre les groupes n'a été trouvée pour la surface totale du corps calleux. En revanche, après segmentation du corps calleux, les chercheurs observèrent que le groupe SDNV avait un splénium significativement plus petit que tous les autres groupes et que cette diminution de taille du splénium était associée à des scores du QI de performance de la WASI (une forme abrégée de l'échelle d'intelligence de Wechsler) plus faibles, mais n'était pas relié au QI verbal. Cette particularité ne se retrouvait dans aucun des autres groupes, ce que les auteurs rapprochaient du rôle connu de cette région dans le transfert d'informations entre les régions pariétales droite et gauche, abritant notamment les fonctions visuospatiales.

La généralisation de l'imagerie fonctionnelle (IRMf) a ensuite donné lieu à quelques tentatives d'élucider les mécanismes sous-jacents au profil clinique du SDNV. Lors d'une étude de 17 patients SDNV en IRM fonctionnelle de repos [41], la connectivité du réseau de saillance a ainsi été retrouvée diminuée entre l'insula et le cortex cingulaire, de façon inversement proportionnelle à l'importance de problèmes d'interactions sociales rapportées par les parents. Ce même réseau de saillance est réputé impliqué dans diverses fonctions exécutives, dont le contrôle inhibiteur et la mémoire de travail, par l'intermédiaire de son rôle de détection des stimuli pertinents de l'environnement et de déclenchement des processus attentionnels et motivationnels gérés par le réseau exécutif fronto-pariétal. Lors d'une étude de la même équipe [42] en IRM fonctionnelle d'activation utilisant un paradigme de conflit attentionnel visuospatial (tâche de Simon), l'activation des circuits fronto-sous-corticaux et limbiques s'est avérée inversement proportionnelle à l'écart verbal/non verbal (ICV-IRP), alors que la connectivité des circuits fronto-pariétaux, notamment le gyrus supramarginal droit, était au contraire plus forte chez ceux ayant un écart plus important, suggérant aux auteurs de l'étude que les sujets ayant le plus fort écart verbal-non verbal, comme les patients SDNV, étaient à la fois déficitaires dans les processus de résolution de conflits et dans la sélection des signaux pertinents lors de la tâche attentionnelle.

Une dernière étude [43] a analysé, cette fois-ci en imagerie fonctionnelle de repos chez des enfants SDNV, la connectivité d'un réseau spatial rassemblant plusieurs nœuds fonctionnels préalablement identifiés à partir d'études chez l'adulte normal, et montré que ce réseau est moins bien connecté que chez des sujets témoins, y compris un groupe de dyslexiques, sans déficit spatial, et corrélé au degré de déficit de traitement spatial.

En définitive, il ressort de ces études d'imagerie que l'écart verbal/non verbal caractéristique du SDNV pourrait être associé à un défaut de connectivité dans les circuits de l'attention spatiale et plus généralement dans l'efficacité des divers circuits exécutifs notamment dans l'hémisphère droit, pointant par là même l'interaction subtile entre les systèmes traitant les informations visuospatiales et ceux sous-tendant le contrôle attentionnel et exécutif, dans lequel le réseau de saillance jouerait un rôle primordial.

7. Vers un modèle explicatif du SDNV

Ces quelques données neurofonctionnelles, bien qu'encore très éparses, concordent avec notre analyse du caractère distinct de la dysfonction des différents domaines cognitifs a priori séparés

mais reposant sur des réseaux cortico-sous-corticaux en partie communs, expliquant la fréquence de leur association chez divers patients, et générant des regroupements syndromiques relativement stéréotypés. Bien qu'encore très parcellaires, ces résultats, tout en plaçant pour continuer les recherches tant du point de vue clinique que neuroscientifique, apportent déjà quelques pistes sur lesquelles on peut déjà tenter d'élaborer un modèle des mécanismes sous-jacents.

Au centre de ce modèle, la notion de comorbidité entre les divers domaines de dysfonction est à l'évidence cruciale : la fréquence d'associations entre un certain nombre de TND : trouble du développement des coordinations (TDC), trouble d'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH), troubles visuospatiaux et de la cognition numérique, forment un ensemble symptomatique qui incite à en rechercher un mécanisme unitaire. Une tentative de regroupement entre ces entités avait du reste été proposée par le psychiatre suédois Christopher Gillberg, précisément pour rendre compte de la fréquence d'association et de la fragilité des frontières entre ces différents diagnostics en créant une nouvelle entité qu'il dénomma DAMP pour : « déficits d'attention, de contrôle moteur et de perception » [44], un concept qui n'a pratiquement été utilisé, depuis plus de vingt ans, que dans les pays scandinaves, une spécificité géographique qui n'a pas manqué d'alimenter les critiques dans la communauté scientifique mondiale. Sans y être strictement superposable, le SDNV évoque le même type d'assemblage sémiologique, y compris la question des déficits de cognition sociale présents dans les deux syndromes.

La contribution de la neuroimagerie à cette problématique a surtout concerné la coexistence entre autisme et TDAH et celle entre TDAH et TDC. Dans les deux cas, les données jusqu'ici disponibles suggèrent à la fois des aspects communs aux différents diagnostics et des aspects qui les différencient, notamment au travers d'études de connectivité fonctionnelle centrées sur le réseau dit du « mode par défaut », dont le rôle aujourd'hui reconnu est de permettre un passage rapide d'un mode de traitement tourné vers l'intérieur de l'individu à un mode tourné vers l'extérieur [45,46].

Il est concevable que le SDNV puisse être lié à un défaut de connectivité au sein de ces réseaux jouant un rôle de modulateur des fonctions cognitives, pouvant alors expliquer la coexistence de difficultés dans des domaines aussi divers que le contrôle moteur, les aptitudes visuospatiales, attentionnelles et exécutives, mais aussi pouvant rendre compte de décalages divers entre les compétences dans différents domaines, notamment verbaux et non verbaux.

8. Proposition d'une nouvelle stratégie diagnostique

Le Tableau 2 présente une proposition de nouveaux critères pour le diagnostic de SDNV tenant compte des éléments réunis dans les paragraphes précédents, incluant les critères préalablement avancés dans la littérature récente. Cette proposition considère que le concept est à présent à la fois suffisamment largement admis dans la pratique de nombreux professionnels de la santé et de l'enseignement, mais aussi que son existence en tant que syndrome repose sur des bases physiopathologiques qui, même si elles ne permettent pas encore d'en préciser les mécanismes sous-jacents, sont suffisantes pour suggérer fortement leur appartenance au cadre des Troubles du Neurodéveloppement.

Cette critériologie diffère en plusieurs points de celles proposées pour les TND en général. En premier lieu, elle distingue donc trois niveaux dans la démarche diagnostique : celui du critère obligatoire, qui est purement psychométrique, celui de signes fréquemment rencontrés en association avec le précédent, caractérisant la multiplicité des secteurs cognitifs altérés, et un critère

Tableau 2

Proposition de nouvelle stratégie diagnostique pour le SDNV.

A/Présence d'une dissociation dépassant les écarts observés dans une population ordinaire entre l'indice verbal de l'échelle d'intelligence de Wechsler (ICV) et au moins deux indices non verbaux ; accessoirement dissociation des indices non verbaux entre eux
B/présence d'au moins deux des symptômes suivants, un déficit « relatif » par rapport à l'intelligence générale pouvant être retenu comme significatif Déficit des processus visuo-spatiaux, incluant la copie de figure géométrique, la discrimination de figures superposées, l'appariement de figures identiques, les épreuves de mémoire spatiale, à court et long terme Dysgraphie, mesurée idéalement par des épreuves normées comme le BHK, procurant un score d'exactitude et un score de vitesse Des troubles de la coordination motrice, soit gestualité fine (ex. : Purdue pegboard) soit globale (incluant équilibre, préhension de balle, etc.) idéalement au sein d'une épreuve standardisée comme le MABC II Trouble de l'attention et des fonctions exécutives, par exemple questionnaire SNAP-IV, questionnaire de Brown, BRIEF. . . Optionnel : scores significatifs sur tests psychométriques spécifiques (TeaCH, NEPSY II. . .)
C/Caractérisation du sous-type de SDNV : avec ou sans déficit des interactions sociales et de la communication sociale (pragmatique), incluant éventuellement questionnaires spécifiques et épreuves de compréhension des métaphores, etc. Pour compléter ces éléments positifs, il convient de rajouter En l'absence d'éléments en faveur d'un trouble du spectre autistique (ADOS-2, ADI-R. . .) En l'absence de trouble sévère du langage oral (versant réceptif et expressif)
D/Un impact significatif des troubles sur la vie personnelle, familiale, sociale et/ou les performances scolaires, pouvant ne se manifester que tardivement en fonction des capacités de compensation de chaque patient
E/Pas mieux expliqué par un trouble de la perception visuelle ou auditive, une affection neurologique ou psychiatrique, une adversité psycho-sociale, une déficience intellectuelle, ou une instruction scolaire insuffisante

additionnel qui permet de distinguer deux sous-types avec et sans troubles des interactions sociales associés.

D'autre part, elle se différencie nettement de la démarche caractéristique des classifications officielles en ce qu'elle n'exige pas, du moins pour le point B/, une performance à un ou plusieurs des domaines explorés en-dessous d'un niveau attendu par rapport à l'âge, mais plutôt l'altération, même relative, de plusieurs domaines distincts.

Enfin, et elle rejoint en cela les critères des autres TND, le retentissement fonctionnel des symptômes, définissant la plainte par rapport à l'autonomie dans la vie familiale, scolaire et sociale, doit être significatif, même s'il ne s'est manifesté que tardivement dans l'enfance ou l'adolescence. C'est typiquement le cumul de l'impact fonctionnel de chacun des domaines altérés des fonctions cognitives qui finit à la longue par motiver la plainte et générer le handicap, la probabilité du diagnostic augmentant avec le nombre de secteurs cognitifs touchés.

À cet égard, elle fait l'hypothèse forte d'un mécanisme sous-jacent commun à ces différents domaines d'altération apte à expliquer leur association non fortuite, mécanisme probablement au moins en partie génétique [47]. L'ensemble symptomatique ainsi constitué et approché cliniquement selon la stratégie décrite dans le **Tableau 2** représenterait dès lors un phénotype suffisamment stéréotypé pour justifier son appartenance au groupe des troubles du neurodéveloppement, et spécifiquement, au sein de ce groupe, à la catégorie intitulée « troubles développemental des apprentissages », dont il constituerait une nouvelle entrée, spécifiquement non verbale.

9. Conclusion

Il est clair que le débat quant à la réalité du SDNV est loin d'être clos. Entre la conviction des cliniciens qui, malgré l'absence de frontières claires, sont convaincus de l'existence d'un profil cognitif particulier et sont dans l'attente de pouvoir mieux le définir ; et d'autres pour qui l'absence de cadre strictement défini disqualifie le SDNV en tant que réalité nosographique digne de ce nom, notre position est intermédiaire, soulignant la fréquence d'associations qu'il semble impossible d'attribuer au hasard, et pour autant reconnaissant le manque flagrant de travaux scientifiques suffisamment étayés et vérifiables pour arrêter une position ferme.

L'un des points souvent pointés par les détracteurs du concept de SDNV est le caractère flou et très variable des critères de diagnostic, donnant souvent l'impression d'un raisonnement circulaire, où la notion d'écart verbal/non verbal est à la fois le postulat d'origine

et le résultat de la démonstration. Dans le cas présent, il nous semble possible d'éviter ce biais en remarquant que nos résultats, loin de retrouver le déficit visuospatial en général mis en avant, ont plutôt tendance, à l'inverse, à diminuer l'importance de cet aspect tout en précisant la nature multidimensionnelle de la notion d'écart entre les fonctions cognitives.

En définitive, le raisonnement permettant de suspecter le diagnostic de SDNV dérive à notre avis de trois considérations qui le différencient des autres TND : en premier lieu la multiplicité des secteurs du système cognitif altérés, ayant en commun la nature non verbale des déficits ; en second lieu, à l'inverse, l'épargne voire l'excellence du raisonnement verbal ; et enfin, sans doute le point le plus caractéristique, le fait que ces déficits dans les domaines non verbaux sont volontiers associés entre eux, mais en général modérés, de sorte que s'ils étaient isolés, ils ne permettraient pas de poser un diagnostic selon les critères classiques de la neuropsychologie du développement, à savoir un ou des scores significativement inférieurs à la moyenne attendue pour l'âge.

Ce dernier point explique une caractéristique souvent retrouvée chez les patients suspects de SDNV : le caractère tardif du diagnostic, lui-même explicable par le fait que des déficits modérés peuvent être longtemps compensés, notamment grâce à l'intégrité des aptitudes intellectuelles générales, reflétées dans les bons scores d'intelligence verbale. Ce n'est que lorsque les exigences scolaires augmentent, avec l'avancée dans le cursus scolaire, que ces stratégies de compensation seront débordées et qu'apparaîtront et s'accentueront alors rapidement les difficultés scolaires, avec leur cortège de conséquences psycho-affectives, altération de l'estime de soi, démotivation, voire manifestations anxio-dépressives pouvant mener à la déscolarisation, et in fine à une perte de chance aussi déroutante que désolante pour l'enfant et sa famille.

Financement

Cette étude a été réalisée dans le cadre d'une thèse CIFRE attribuée au premier auteur (AJF) et cofinancée par le ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche (ANRT) et l'association NEURODYS PACA, association 1901 gestionnaire de plusieurs structures de soins et médico-sociales.

Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Références

- [1] Association American Psychiatric. DSM-5®. Diagnostic and statistical manual of mental disorders. 5th ed. Washington, DC: American Psychiatric Association; 2013.
- [2] Habib M. La constellation des dys. Bases neurologiques de l'apprentissage et de ses troubles. De Boeck Supérieur; 2018 <https://www.stm.cairn.info/la-constellation-des-dys-9782353274284>.
- [3] <https://www.inserm.fr/wp-content/uploads/2019-12/inserm-ec-2019-dyspraxie-synthese-0.pdf>.
- [4] Haute Autorité de santé. Trouble du neurodéveloppement/TDAH : diagnostic et interventions thérapeutiques auprès des enfants et adolescents. Recommandation de bonne pratique; 2024 <https://www.has-sante.fr/>.
- [5] Orton S. Reading, writing and speech problems in children. New York, NY: W.W. Norton; 1937.
- [6] Sprenger-Charolles L, Serniclaes W. Nature et origine des déficits dans la dyslexie développementale. In: L'hypothèse phonologique; 2004. p. 113–46.
- [7] Myklebust RH. Nonverbal learning disabilities. In: Myklebust HR, editor. Progress in learning disabilities. New York, NY: Grune & Stratton; 1975. p. 108–19.
- [8] Johnson D, Myklebust H. Learning disabilities: educational principles and practices. New York, NY: Grune & Stratton; 1967.
- [9] Rourke BP. Neuropsychology of learning disabilities: essentials of subtype analysis. New York: The Guilford Press; 1985 [351 p.].
- [10] Pelletier PM, Ahmad SA, Rourke BP. Classification rules for basic phonological processing disabilities and nonverbal learning disabilities: formulation and external validity. Child Neuropsychol 2001;7(2):84–98, <http://dx.doi.org/10.1076/chin.7.2.84.3127>.
- [11] Lussier FEC, Gascon L. Neuropsychologie de l'enfant et de l'adolescent. Paris: Dunod; 2017. p. 341–84.
- [12] Little SS. Nonverbal learning disabilities and socioemotional functioning: a review of recent literature. J Learn Disabil 1993;26(10):653–65, <http://dx.doi.org/10.1177/002221949302601003>.
- [13] Weintraub S, Mesulam MM. Developmental learning disabilities of the right hemisphere. Emotional, interpersonal, and cognitive components. Arch Neurol 1983;40(8):463–8, <http://dx.doi.org/10.1001/archneur.1983.04210070003003>.
- [14] Gross-Tsur V, Shalev RS, Manor O, Amir N. Developmental right-hemisphere syndrome: clinical spectrum of the nonverbal learning disability. J Learn Disabil 1995;28(2):80–6.
- [15] Tranel D, Hall LE, Olson S, Tranel NN. Evidence for a right-hemisphere developmental learning disability. Dev Neuropsychol 1987;3(2):113–27, <http://dx.doi.org/10.1080/87565648709540369>.
- [16] Zazzo R. Introduction à la psychologie scolaire. Bull Psychol 1964;17(227):541–6, <http://dx.doi.org/10.3406/bupsy.1964.9183>.
- [17] Gibello B. Dysharmonie cognitive, intelligence et psychopathie. Étude différentielle sur une population de 126 cas. Bull Psychol 1983;36(359):457–68, <http://dx.doi.org/10.3406/bupsy.1983.12448>.
- [18] Humphreys LG, Rich SA, Davey TC. A Piagetian test of general intelligence. Dev Psychology 1985;21(5):872–7, <http://dx.doi.org/10.1037/0012-1649.21.5.872>.
- [19] Lautrey J. Les théories et les méthodes d'évaluation de l'intelligence : relations paradoxales. Paris: Dunod; 1998. p. 82.
- [20] Gibello B. Troubles de l'intelligence. Bull Psychol 1985;38(370):469–77, <http://dx.doi.org/10.3406/bupsy.1985.12698>.
- [21] Dehaene S, Piazza M, Pinel P, Cohen L. Three parietal circuits for number processing. Cogn Neuropsychol 2003;20(3):487–506, <http://dx.doi.org/10.1080/02643290244000239>.
- [22] Forrest BJ. The utility of math difficulties, internalized psychopathology, and visual-spatial deficits to identify children with the nonverbal learning disability syndrome: evidence for a visuospatial disability. Child Neuropsychol 2004;10(2):129–46, <http://dx.doi.org/10.1080/09297040490911131>.
- [23] Mammarella IC, Lucangeli D, Cornoldi C. Spatial working memory and arithmetic deficits in children with nonverbal learning difficulties. J Learn Disabil 2010;43(5):455–68, <http://dx.doi.org/10.1177/0022219409355482>.
- [24] Pennington BF. Diagnosing learning disorders: a neuropsychological framework. New York: The Guilford Press; 1991 [224 p.].
- [25] Cornoldi C, Venneri A, Marconato F, Molin A, Montinari C. A rapid screening measure for the identification of visuospatial learning disability in schools. J Learn Disabil 2003;36(4):299–306, <http://dx.doi.org/10.1177/00222194030360040201>.
- [26] Rourke BP. Syndrome of nonverbal learning disabilities: neurodevelopmental manifestations. New York, NY: Guilford Press; 1995.
- [27] Spreen O. Nonverbal learning disabilities: a critical review. Child Neuropsychol 2011;17(5):418–43, <http://dx.doi.org/10.1080/09297049.2010.546778>.
- [28] Mammarella IC, Cornoldi C. Nonverbal learning disability (developmental visuospatial disorder). Handb Clin Neurol 2020;174:83–91, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-64148-9.00007-7>.
- [29] Cornoldi C, Vecchia RD, Tressoldi PE. Visuo-spatial working memory limitations in low visuo-spatial high verbal intelligence children. Child Psychol Psychiatry 1995;36(6):1053–64, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-7610.1995.tb01350.x>.
- [30] Fisher PW, Reyes-Portillo JA, Riddle MA, Litwin HD. Systematic review: nonverbal learning disability. J Am Acad Child Adolesc Psychiatry 2022;61(2):159–86, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaac.2021.04.003>.
- [31] Mammarella IC, Cardillo R, Zocante L. Differences in visuospatial processing in individuals with nonverbal learning disability or autism spectrum disorder without intellectual disability. Neuropsychology 2019;33(1):123–34, <http://dx.doi.org/10.1037/neu0000492>.
- [32] Shah A, Frith U. Why do autistic individuals show superior performance on the block design task? J Child Psychol Psychiatry 1993;34(8):1351–64.
- [33] Mottron L, Burack JA, Stauder JE, Robaey P. Perceptual processing among high-functioning persons with autism. J Child Psychol Psychiatry 1999;40(2):203–11.
- [34] Joffroy-Frixons A, Longcamp M, Velay JL, Habib M. Avantage cognitif dans une cohorte d'enfants dysgraphiques : analyse préliminaire de la base de données Résodys. ANAE 2023:186–91.
- [35] Paris J. The Intelligent Clinician's Guide to the DSM-5®. Oxford New York: Oxford University Press; 2015 [304 p.].
- [36] Wechsler D. Échelle d'intelligence de Wechsler pour enfants : WISC-V. 5^e éd. Paris: Pearson : ECPA; 2016 [4 p.].
- [37] Chen M, Deem MW. Development of modularity in the neural activity of children's brains. Phys Biol 2015;12(1):016009, <http://dx.doi.org/10.1088/1478-3975/12/1/016009>.
- [38] Xavier J, Cohen D. Multidimensional impairments. Handb Clin Neurol 2020;174:159–69, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-64148-9.00012-0>.
- [39] Klin A, Mayes LC, Volkmar FR, Cohen DJ. Multiplex developmental disorder. J Dev Behav Pediatr 1995;16(3 Suppl.):S7–11.
- [40] Fine JG, Musielak KA, Semrud-Clikeman M. Smaller splenium in children with nonverbal learning disability compared to controls, high-functioning autism and ADHD. Child Neuropsychol 2014;20(6):641–61, <http://dx.doi.org/10.1080/09297049.2013.854763>.
- [41] Margolis AE, Pagliaccio D, Thomas L, Banker S, Marsh R. Salience network connectivity and social processing in children with nonverbal learning disability or autism spectrum disorder. Neuropsychology 2019;33(1):135–43, <http://dx.doi.org/10.1037/neu0000494>.
- [42] Margolis AE, Davis KS, Pao LS, Lewis A, Yang X, Tau G, et al. Verbal-spatial IQ discrepancies impact brain activation associated with the resolution of cognitive conflict in children and adolescents. Dev Sci 2018;21(2), <http://dx.doi.org/10.1111/desc.12550>.
- [43] Banker SM, Ramphal B, Pagliaccio D, Thomas L, Rosen E, Sigel AN, et al. Spatial network connectivity and spatial reasoning ability in children with nonverbal learning disability. Sci Rep 2020;10(1):561, <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-019-56003-y>.
- [44] Gillberg C. Deficits in attention, motor control, and perception: a brief review. Arch Dis Child 2003;88(10):904–10, <http://dx.doi.org/10.1136/adc.88.10.904>.
- [45] Fateh AA, Huang W, Hassan M, Zhuang Y, Lin J, Luo Y, et al. Default mode network connectivity and social dysfunction in children with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder. Int J Clin Health Psychol 2023;23(4):100393, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijchp.2023.100393>.
- [46] Tripathi V, Batta I, Zamani A, Atad DA, Sheth SKS, Zhang J, et al. Default mode network functional connectivity as a transdiagnostic biomarker of cognitive function. Biol Psychiatry 2025;10(4):359–68, <http://dx.doi.org/10.1016/j.bpsc.2024.12.016>.
- [47] Schoch K, Harrell W, Hooper SR, Ip EH, Saldana S, Kwapiil TR, et al. Applicability of the nonverbal learning disability paradigm for children with 22q11.2 deletion syndrome. J Learn Disabil 2014;47(2):153–66, <http://dx.doi.org/10.1177/0022219412443556>.