

LES DYSCALCULIES, VUES SOUS L'ANGLE DES CODES

François Gaillard, PhD., Prof.hon. Université de Lausanne, Suisse

Résumé

Un écolier peut-il être dyscalculique et résoudre les petits problèmes arithmétiques ? Peut-il être dyscalculique et calculer oralement ? ou dyscalculique et calculer par écrit ? Si oui, faut-il en conclure qu'il n'existe pas d'épreuve de calcul qui garantisse le dépistage de la dyscalculie ? L'approche neurocognitive du nombre et du calcul offre une alternative. La dyscalculie serait multiple et dépendrait des codages du nombre et des opérations. Certaines lacunes et disconnexions entre différents codes et systèmes opératoires font, pensons-nous, la spécificité de chaque dyscalculie, et offrent des pistes de remédiation.

Introduction

Les intervenants précédents ont traité de la définition de la dyscalculie, de sa prévalence, de son diagnostic clinique, de certains corrélats neuro-anatomiques. Nous sommes donc d'autant plus disponible pour explorer la dyscalculie dans son cadre phénoménologique. Nous tirons parti de l'expérience ESCAPE, menée sous la houlette de Gérard Deloche dans plusieurs pays européens et dits en voie de développement, entre 1992 et 1996 (Deloche et al., 1994).

La recherche neuropsychologique est plus facile chez l'adulte que chez l'enfant. L'adulte peut témoigner qu'il possédait les aptitudes qui ont disparues. L'enfant, par contre, apprend "tout en même temps", ce qui le rend plus vulnérable aux comorbidités, donc à la complexité du phénotype. Vingt-trois années, c'est le temps qu'il a fallu pour reconnaître chez l'enfant (Kinsbourne & Warrington, 1963) un syndrome ressemblant au Gerstmann identifié chez l'adulte cérébrolésé (Gerstmann, 1940). Cependant, il ne faut comparer que ce qui est comparable, et les Gerstmann développementaux ne recourent que partiellement les observations faites chez l'adulte. Toujours est-il que la sensibilité pour les éventuels syndromes de l'enfant apparaît généralement après la reconnaissance des mêmes signes chez l'adulte. C'est pour nous l'un des charmes de la neuropsychologie développementale que de prendre en compte le cadre d'apprentissage particulier de chaque enfant et l'intégration de chaque acquisition dans un tout fonctionnel qui participe à la construction de sa personnalité.

Deloche nous a mandaté pour animer le groupe "enfants" de la recherche ESCAPE. Nous devons à cet auteur et à Seron l'ouvrage séminal sur la dyscalculie acquise de l'adulte (Deloche & Seron, 1987), en particulier l'idée que le patient qu'ils examinent ne peut plus transcrire un nombre entendu dans son code écrit, que celui-ci soit digital ou alphabétique (ce dernier cas se révélant extrêmement gênant pour l'adulte, sans doute moins gênant pour l'enfant).

D'autre part, la découverte qu'il existe une approche approximative du nombre et non plus procédurale exacte, et que cette approximation numérique peut représenter un autre symptôme neurologique de l'adulte, introduit le code analogique et estimatif du nombre, un univers du sens mathématique différent de l'exact (Dehaene & Cohen, 1991). L'adulte sait plusieurs fois par jour le temps ou la monnaie, par exemple, qu'il lui reste pour réaliser ses désirs et cette approximation joue le rôle de contrôle, ou, pour reprendre l'expression de Shallice, de système superviseur du calcul et des procédures précises.

Comment savoir si ces observations sur l'adulte vont se retrouver dans le développement des acquisitions numériques chez l'enfant, avec quelle importance pour sa vie et sa carrière scolaire ? La réponse fut simplement d'essayer une adaptation de l'épreuve EC301 pour adultes (Deloche et al., 1993) et de trouver les questions qui conviennent aux enfants. Cette démarche a donc donné naissance à Numerical (Gaillard, 2000).

Nous disposons maintenant de plus de dix années d'expérience clinique du Numerical et nous proposons aujourd'hui de vous restituer une certaine synthèse des observations chez les enfants qui présentent les caractéristiques épidémiologiques et cliniques de la dyscalculie.

Codifier ou signifier le nombre

La dyscalculie n'est rien moins qu'un trouble instrumental, c'est-à-dire de l'outil d'utilisation du nombre en faveur d'un raisonnement par ailleurs intact et qui s'exprime sans ambiguïté dans la forme non numérique. Mais l'approche des codes nous met en présence d'une grande diversité de codes ou, si vous préférez, de transformations du nombre, qui n'a d'égal que l'attention et la mémoire de travail toujours sollicitées pour "traiter" l'objet, en l'occurrence le nombre.

Prenons l'exemple du code verbal oral: un enfant dans l'esprit duquel les mots et les propositions s'effacent au fur et à mesure de l'entrée auditive a toutes les chances de montrer un code oral du nombre perturbé: chaque fois qu'il doit maintenir en mémoire de travail des nombres et des opérateurs entendus, il finit par confondre les nombres, "entendre" un nombre pour un autre, "comprendre" "plus" au lieu de "moins", etc...(Gaillard & Willadino-Braga, 2001).

Cet exemple est susceptible de se répéter dans un autre code, par exemple le code digital pour l'enfant "aveugle" aux nombres écrits. Le nombre se révèle donc transformable sous de multiples formes (davantage de formes que la transcription alphabéto-phonologique dans la lecture), et l'approche de l'aptitude numérique par les codes suggère l'existence d'une variété de dyscalculies, ou, si l'on préfère, d'une variété d'expressions de la dyscalculie.

Codifier le calcul

Avant de montrer que l'approche par les codes se révèle finalement synthétique et ne se perd pas en élucubrations éloignées de la clinique, montrons comment nous concevons l'importance des transformations du nombre et de la mémoire de travail à chaque étape du calcul.

Nous partons du principe que la perception du nombre, auditive, visuelle ou analogique, nécessite un codage pour atteindre une représentation utile. Sans ce codage (on parlera de codage pour rester dans la même modalité, et de transcodage pour changer de modalité), l'entrée perceptive reste un stimulus reproductible tel quel, mais déconnecté des opérations mentales (l'enfant peut parfois répéter les données sans accéder à l'opérativité ou au raisonnement). Le tableau 1 ci-dessous montre deux choses: un calcul, même simple, suppose une succession de représentations faite de codages ou transcodages, et la mémoire de travail est sollicitée à chaque nouvelle transformation.

insérer le tableau 1 approximativement ici

Ce schéma peut paraître extraordinairement complexe au vu du calcul $12 + 5$ quasi-automatique chez l'enfant dès 9 ans. Cependant, il s'agit pour nous de comprendre pourquoi un adolescent intelligent de 12 ans n'y parvient pas. Et quiconque prend ce jeune dyscalculique en thérapie reconnaît qu'il est nécessaire de démonter toute la procédure pour comprendre et faire comprendre à l'adolescent ce qui ne joue pas. C'est aussi la raison pour laquelle nous ne pensons pas que la pédagogie traditionnelle ni même la pédagogie compensatoire (appuis, répétition, coaching, groupes de rééducation, classe spéciale,...) ne peuvent pénétrer dans chaque procédure, orale, mentale (mémoire de travail) ou écrite, pour identifier le dysfonctionnement et y remédier.

La recherche Numerical et les suites cliniques

La recherche conduite à l'aide du Numerical nous a conduits à distinguer les divers codes de transformation du nombre (voir aussi l'approche de Noël, 2000). Nous avons choisi plusieurs épreuves adaptées à l'enfant pour chacun des codes suivants:

- 1) oral : comptines, répétitions, lexicalisation, proposition de calculs oraux.
- 2) alphabétique: lecture et écriture des nombres en toutes lettres.
- 3) digital: transcodage un - 1 ou 1 - un, système décimal, valeur positionnelle du chiffre, composition des grands nombres.
- 4) analogique: horloge, ligne de nombres, compteur de vitesse de 0 à 200.
- 5) spatial: dénombrements, écriture de calculs.
- 6) proposition, estimation: approximation, estimation de quantités
- 7) calcul oral: compléments à dix, opérateurs, faits arithmétiques, fractions.
- 8) calcul écrit: calcul mental avec données écrites, procédures écrites.

La normalisation de numerical permet de réaliser un tel scanner de l'aptitude arithmétique. Mais le propos du jour est de montrer les particularités des dyscalculiques rencontrés dans notre consultation clinique.

Notre échantillon comprend douze dyscalculiques, choisis pour la pureté du diagnostic et l'absence de complications neurologiques et environnementales. Présentés à notre consultation pour confirmer un diagnostic de dyscalculie, ils ont tous été soumis à un examen neuropsychologique du développement et ont été évalués par la méthode Numerical, Bien que la variété des phénotypes soit grande,

nous pensons qu'il est possible de synthétiser les résultats cliniques de ces douze cas en distinguant trois domaines: l'oral, l'analogique et l'écrit (voir Fig. 1).

insérer la figure 1 approximativement ici

Nous rencontrons certaines comorbidités typiques des trois composantes (Fig. 2) (voir aussi Expertise collective Inserm, 2007). Il s'agit de tendances, qui n'interdisent pas certains cas mixtes, comme le désignent les recouvrements.

insérer la figure 2 approximativement ici

Casuistique découlant de Numerical

Victor, Nadine et Bertrand se sont développés avec un retard important de langage oral (voir Fig. 3). Ils ont été traités par logopédie, déjà avant l'entrée à l'école primaire. Ils n'ont pas souffert de dyslexie, découvrant par l'écrit une certaine compensation de leurs troubles oraux. Cependant, ils présentent une dysorthographe de transcription, faite d'omissions de sons et de mots entiers, de confusions de son inexplicables par la culture. Leurs performances non verbales sont bonnes. Leur intelligence générale est reconnue. Le contraste entre l'intelligence non verbale et les compétences acquises dans le domaine numérique est frappant: Bertrand, par exemple, obtient le quotient 112 à l'identification culturelle et le quotient 52 au facteur de calcul écrit, pour une moyenne attendue de 100 et un écart-type de 15.

insérer la figure 3 approximativement ici

Victor, 12 ans présente un vocabulaire oral restreint et il se trouve qu'il a toujours bégayé. Il ne peut apprendre les faits arithmétiques, comme les opérations simples et automatiques pour les autres, comme aussi la table de multiplication. Dans les procédures écrites, il ne peut apprendre le statut de la retenue. Par exemple, il soustrait systématiquement le petit chiffre du grand irrespectivement de sa position et, dans les multiplications, il ajoute la retenue au multiplicande.

Nadine, 13 ans, n'a toujours pas compris la composition des nombres, la valeur positionnelle du chiffre dans le nombre, donc elle confond les piles. Si pour elle 190 - 100 (donnés par écrit) font 180 (moins dix), elle corrige à ma demande et propose 1800 ou même 18000.

Bertrand, 11 ans, est "sourd" aux nombres. Il se trompe fréquemment d'une unité. Il présente un effacement continu de la mémoire de travail pour le matériel numérique. Depuis 100, il ne sait jamais dans quelle centaine il travaille. Le compteur de vitesse de 0 à 200 ne peut être dessiné. Pour lui, 180 - 80 (donnés par écrit) font 116 (se trompe d'opérateur et additionne les deux 8), et pense que ce pourrait aussi être 216. Par ailleurs, il lit bien mais comprend très mal ce qu'il lit.

Entre la sphère orale et analogique, Liliane et Jean-René se distinguent par un domaine verbal oral relativement bien développé. Cependant la composante corporelle les distingue des précédents. Nous entendons par là que les gnosies corporelle (les plus traditionnelles selon Gerstmann étant l'indication gauche-droite sur ordre verbal et la distinction de chaque doigt sur stimulation) ne sont pas nettes (il s'agit de clinique et non nécessairement de résultats chiffrés).

Liliane, 13 ans, a également eu 6 ans de logopédie surtout pour une difficulté de l'appropriation de l'écrit. Elle se plaint constamment qu'elle "ne voit pas les nombres (se trompe fréquemment de pile), ni les opérations". Elle n'utilise pas la base dix pour les opérations simples ("mois neuf" représente une réelle difficulté). Elle ne comprend pas certains termes, tel "moins quart" (horloge).

Jean-René, 15 ans, n'a pas été signalé avant 12 ans, âge auquel une dysorthographe de transcription donne l'alerte. Par ailleurs, les erreurs grossières d'orthographe visuelle dominant et parfois encore les erreurs de son. Il ne se révèle ni dyspraxique ni dysgraphique. Il échoue surtout dans le calcul écrit: il présente des troubles de l'écriture des chiffres (stratégies grapho-praxiques) et n'accède pas aux procédures écrites. Pour illustrer ses compétences, citons le quotient moyen de 120 obtenu à la batterie attentionnelle KITAP (attention, contrôle de l'inhibition, flexibilité mentale, résistance aux distracteurs) et le quotient 66 pour le calcul écrit.

Claire, Carine, Thierry et Vincent sont les cas qui se caractérisent par les troubles somato-gnosiques et spatiaux.

Claire, 11 ans, présente une dysorthographe que l'on pourrait qualifier "d'usage". Ses troubles spatiaux sont manifestes (représentation topologique des lieux familiers). Elle ne réalise pas les tâches du code analogique du nombre (ligne de nombres de 0 à 100, compteur rotatif de 0 à 200). C'est surtout dans les opérations écrites de multiplication que les erreurs se cumulent: elle se trompe d'une unité dans l'addition, confond les piles (unités, dizaines,...) et se trompe de colonne (décalage), oublie une retenue.

Carine, 11 ans également, est refusée en section pré-baccalauréat à cause des maths. Elle est époustouflante dans certains tests d'orientation professionnelle concernant le raisonnement verbal (Centile 100). Elle n'a aucune maladresse. Mais elle abandonne complètement en mathématiques pour des raisons que l'entourage ne comprend pas. Sa représentation analogique des nombres jusqu'à 200, et même jusqu'à 100, n'est qu'une ébauche, faite de tâtonnements et de comptages primitifs.

Thierry, 13 ans, n'est pas sorti de l'inversion graphique des lettres et des chiffres. Sa lecture est fluente mais caractérisée par des inversions cinétiques. Dans sa dysorthographe prédominent les erreurs d'usage. Il confond les aiguilles de l'horloge et peine dans la représentation du compteur de vitesse de 0 à 200. Dans les calculs écrits, il intervertit systématiquement résultat et retenue.

Nous avons suivi Vincent de l'âge de 7 à 15 ans. Avant l'entrée à l'école primaire, cet enfant bénéficiait de psychomotricité. Nous avons conseillé une intégration en enseignement spécialisé pour troubles du langage, "parce que les classes pour dyspraxiques n'existaient pas". Cahin-cahan, cet enfant, reconnu pour dyslexique grave, a fait des allers et retours entre l'enseignement régulier et l'enseignement

spécial. Il est dyspraxique-dysgraphique. Son orthographe montre à 15 ans des confusions de lettres (n pour m), de sons ("p" pour "b" auditifs) des omissions et des fautes de transcription. A 10 ans, la maîtresse de classe de langage relevait dans son rapport: "Vincent a beaucoup de difficultés à résoudre les problèmes. Il ne sait pas quoi utiliser dans ce qui lui est proposé. Par contre, il est très performant pour calculer des additions et des soustractions complexes: $724678 - 538899 = ?$ ".

Ces dyscalculiques souvent dyspraxiques montrent en général un bon quotient verbal. Thierry, par exemple, obtient un indice de compréhension verbale (WISC-IV) de 124. Et pourtant, il ne maîtrise pas le calcul écrit.

Nous nous étonnerons peu de rencontrer les dyscalculiques Yves, Samuel et Paul, verbalement brillants, parmi les "bien doués". Ils sont scolairement les plus performants, les plus valorisés, ce qui n'est pas sans leur jouer des tours.

Yves, 15 ans, a été dit "à haut potentiel" à 5 ans, sur la base d'excellents résultats verbaux, avec conseil d'avancer la scolarité. Cependant, le père ne s'est pas laissé impressionner par ce diagnostic en déplorant le retard manifeste de toutes les productions écrites, et inscrit plutôt son fils en psychomotricité. A l'examen neuropsychologique 10 ans plus tard, Yves montre d'énormes difficultés visuo-perceptives. Les chiffres qu'il écrit sont à peine reconnaissables et les confusions et ratures handicapent à la fois son écriture et la lecture par autrui. Il pense qu'il a passé de la première à la quatrième année scolaire primaire sans écrire. Il aurait vécu "oralement". Il pense ensuite qu'il a passé de la cinquième à la huitième sans devoir écrire un seul calcul. Cependant, il écrit et orthographe vite et bien dans plusieurs langues. Il présente une incapacité totale du calcul écrit. Il ne procède que "de tête". Il commence les calculs écrits par la gauche, jongle mentalement pour corriger les résultats écrits. Il peut écrire un chiffre différent de celui auquel il pense. Il abandonne les procédures du calcul écrit par désorientation. Il connaît bien sa table de multiplication, mais échoue toutes les procédures écrites qu'il ne peut compenser par le calcul mental.

Samuel a 13 ans et l'école entre en matière pour un raccordement en classe pré-baccalauréat. Une psychomotricienne intervient déjà en classes enfantines pour Trouble du développement des coordinations chez un gaucher. La mère désespère devant l'incompréhension de Samuel pour la base dix. A 12 ans, Samuel est dysgraphique sans problème d'orthographe. Sans montrer de dyspraxie typique à l'examen expérimental, Samuel présente néanmoins toutes sortes de bizarreries dans ses productions écrites. Il écrit fréquemment un nombre pour un autre. Il dessine le cadran de l'horloge en commençant par 12, et poursuit de 13 à 24, avec des proportions approximatives. Dans les multiplications, Samuel pose la retenue dans le résultat.

Paul, 10 ans, est aussi un gaucher. Il présente un trouble de l'écriture des lettres et des chiffres et des troubles de l'orientation dans le calcul écrit. C'est une dyscalculie spatiale chez un enfant bien doué. Son orthographe est marquée par les erreurs d'usage. Il confond les aiguilles de l'horloge. Il commence les calculs écrits par la gauche. Il n'apprend pas la procédure de la multiplication, ne respectant aucun ordre dans la prise en compte du multiplicande et du multiplicateur, confondant aussi retenue et résultat.

Pour nous, Yves, Samuel et Paul illustrent les possibles erreurs d'orientation scolaire et thérapeutique chez des enfants dont tout le monde s'accorde à reconnaître un bon potentiel intellectuel. Paul, par exemple, entre à l'école primaire avec un diagnostic de surdouance, qui passe à côté des troubles grapho-praxiques. A 10 ans, il obtient un quotient de connaissances de 120 au K-ABC (donc il résout normalement les petits problèmes arithmétiques), mais un quotient de calcul écrit limité à 73.

Nous pensons que l'écriture, en particulier celle des chiffres, des nombres et des opérations, est le parent pauvre de l'observation des apprentissages. Or les troubles de l'écriture peuvent avoir des conséquences scolaires graves et difficiles à comprendre chez un élève intelligent qui aura tendance à éviter tout simplement l'écrit.

Synthèse

Nous avons choisi d'illustrer l'approche des codes en présentant des dyscalculiques relativement âgés, de 10 à 15 ans. Il va sans dire qu'on rencontre des enfants dyscalculiques plus jeunes, mais, jusqu'à 9 ans, nous sommes encore dans la phase d'apprentissage pour tous. Notre choix permet d'éviter les simples retards ou faiblesses dans le développement de l'arithmétique. Les critères de diagnostic de la dyscalculie ont été respectés avec une marge d'erreur importante. Nous nous trouvons face à des enfants et adolescents qui montrent des décalages symptomatiques dans leurs apprentissages (en termes statistiques, nous privilégions le décalage de trois écarts-types au moins entre l'aptitude numérique et arithmétique, d'une part, et un ensemble d'aptitudes expérimentalement pouvées, d'autre part).

La particularité de tous ces élèves en termes de carrière scolaire est l'hésitation et le louvoiement entre l'école régulière et l'école spéciale ou parfois privée, avec toujours la reconnaissance de leurs bonnes aptitudes hors les mathématiques. Ces enfants différents remettent en question l'enclassement classique des écoliers selon leurs aptitudes. Les enfants avec troubles du langage oral sont peut-être les mieux compris et l'orientation vers les spécialistes du langage semble aller maintenant de soi. Il n'en est pas de même avec les troubles somato-praxiques, encore moins avec les troubles graphiques, difficultés spécifiques dont nous pensons que les répercussions sur l'apprentissage des mathématiques sont insuffisamment reconnues. Certes, nous savons depuis longtemps que les gnosies corporelles sont importantes pour le démarrage en calcul; nous connaissons aussi les corrélations entre aptitudes non verbales et mathématiques. Cependant, l'approche par les codes et l'idée que la mémoire de travail peut être spécifique à chaque code apportent, pensons-nous, de nouvelles perspectives sur le diagnostic différentiel et la prise en charge des dyscalculies.

Références

Dehaene, S. & Cohen, L. (1991). Two mental calculation systems: A case study of severe dyscalculia with preserved approximation. *Neuropsychologia*, 29, 1045-1074.

Deloche, G. & Seron, X. (1987). *Mathematical Disabilities : A cognitive neuropsychological perspective*, Hillsdale (N.J.): Lawrence Erlbaum.

Deloche, G., Seron, X., Baeta, E., Basso, A., Claros-Salinas, D., Gaillard, F., Goldenberg, G., Stachowiak, F., Temple, C., Tzavaras, A. & Vendrell, J. (1993). Calculation and Number Processing: The EC301 Assessment Battery for Brain-Damaged Adults. In F.J. Stachowiak, R. De Bleser, G. Deloche, R. Kaschel, H. Kremin, P. North, L. Pizzamiglio, I. Robertson et B. Wilson: *Developments in the Assessment and Rehabilitation of Brain-Damaged Patients*. Tübingen: Gunter Narr Verlag.

Deloche, G., Gaillard, F., De Bleser, R., Stachowiak, F., Chistensen, A.L., Kaschel, R., Robertson, I.H., Castro-Caldas, A., Kremin, H., North, P., Vendrell, J. & Wilson, B. (1994). ESCAPE: an attempt to frame an european network of experts in clinical and experimental neuropsychology. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'enfant*, 27, 96-100.

Expertise collective Inserm (2007). *Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie. Bilan des données scientifiques*. Paris. Institut national de la santé et de la recherche médicale.

Gaillard, F. (2000, éd. spéc.). Numerical. Test neurocognitif pour l'apprentissage du nombre et du calcul. Université de Lausanne (I.P.): *Actualités psychologiques*.

Gaillard, F. , & Willadino. Braga, L. (2001). Calcul et langage dans le développement et les troubles de l'apprentissage. In A. van Hout & C. Meljac, *Troubles du calcul et dyscalculies chez l'enfant*. Masson: Paris.

Gerstmann, J. (1940). Syndrome of finger agnosia, disorientation for right and left, agraphia, and acalculia. *Archives of Neurology and Psychiatry*, 44, 398-408.

Kinsbourne, M. & Warrington, E. (1963). The developmental Gerstmann syndrome. *Archives of Neurology*, 8, 490.

Noël, M.-P. (2000). La dyscalculie développementale: Un état de la question. In M. Pesenti & X. Seron (eds.), *Neuropsychologie des troubles du calcul et du traitement des nombres*. Marseille: Solal.

Tableau 1: Le rôle des représentations et de la mémoire de travail (MdT) dans le calcul (exemple. $12 + 5$)

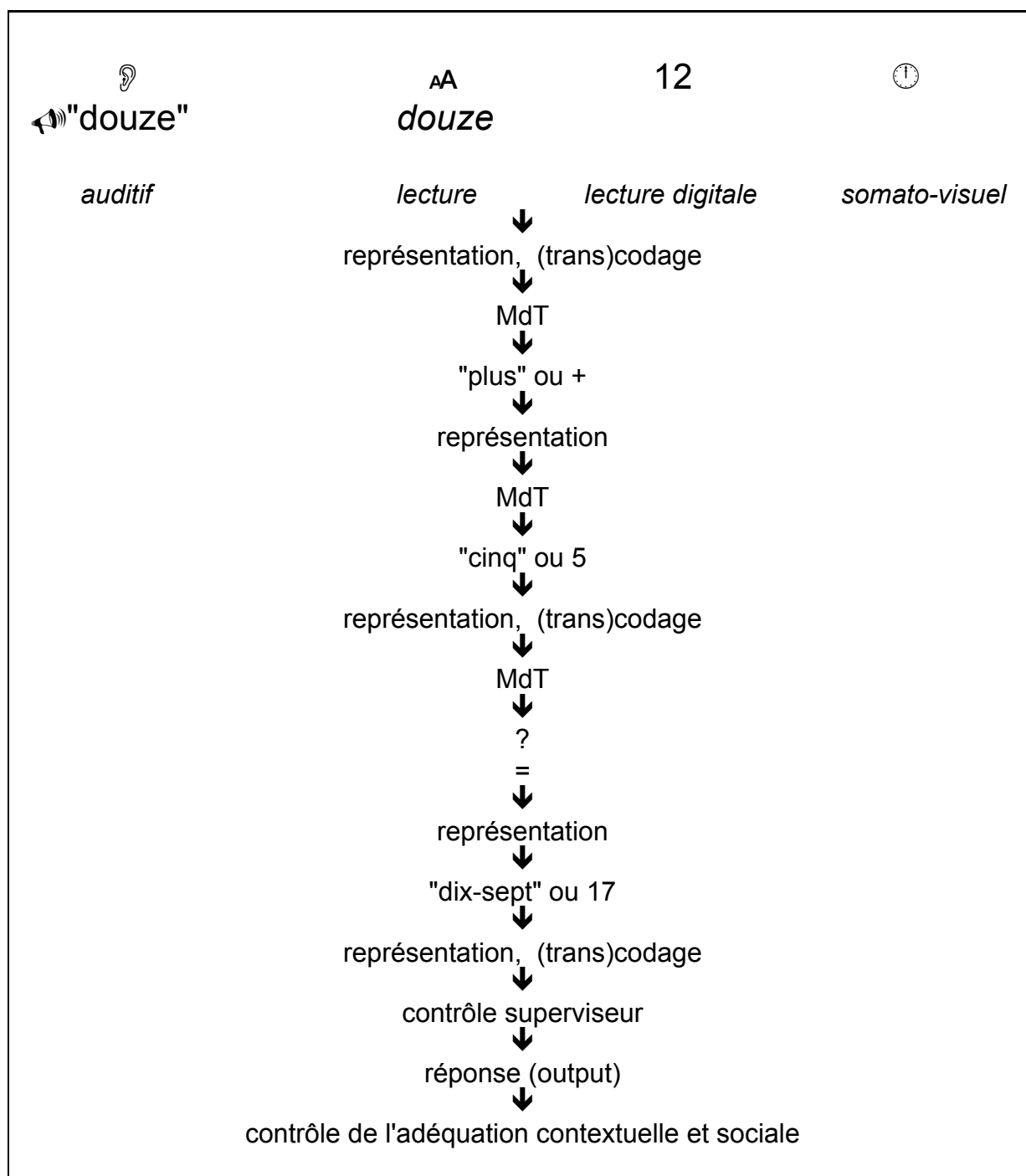


Fig. 1: Notre casuistique propose de grouper les codes en trois domaines principaux

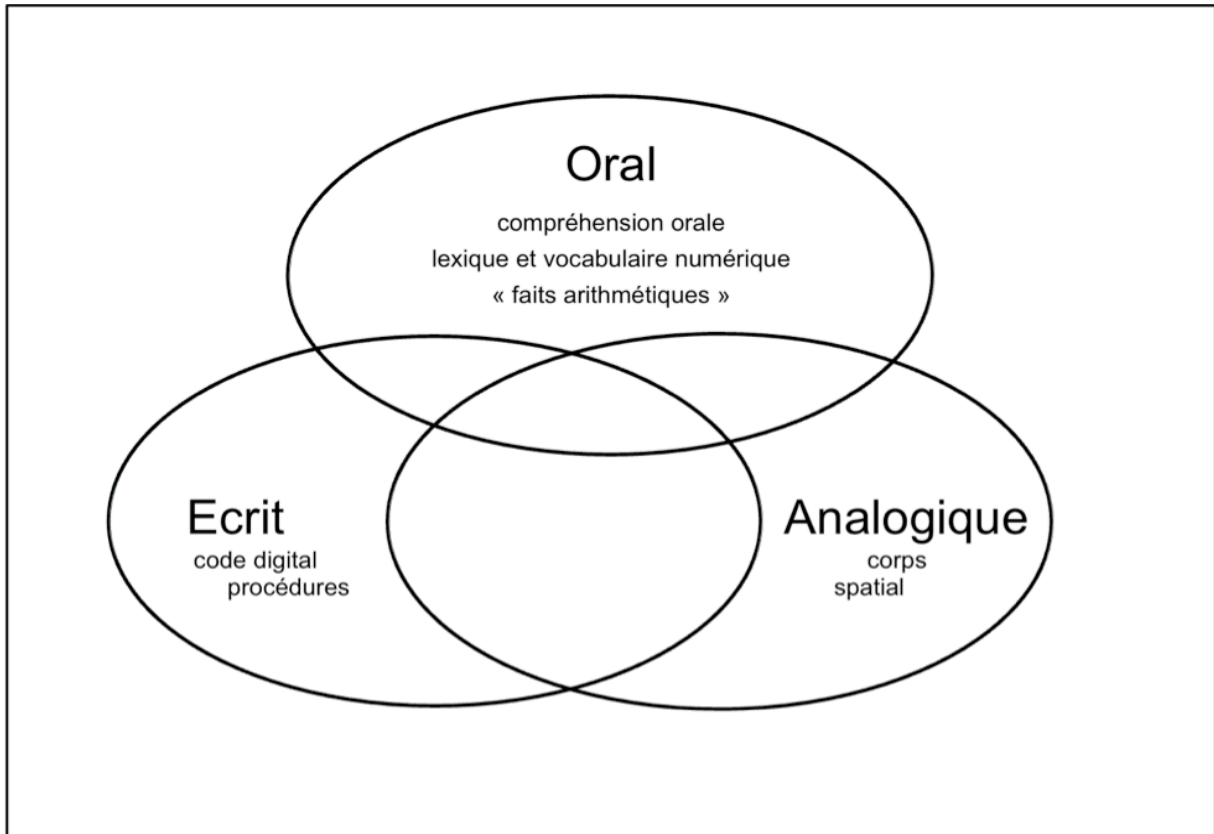


Fig. 2: Comorbidités probables en termes de troubles spécifiques des apprentissages

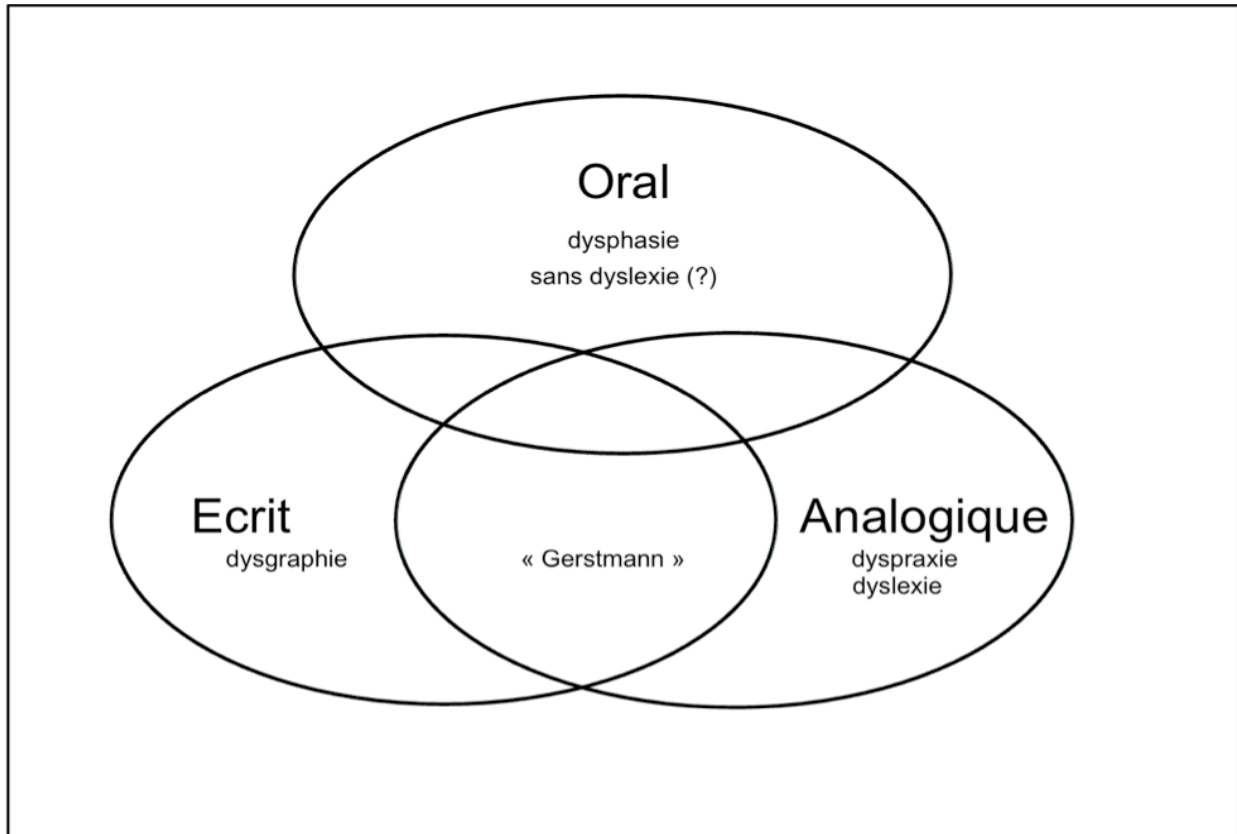


Fig. 3: Douze dyscalculiques très différents selon l'approche des codes.

