

INTERROGATIONS DIDACTIQUES À PROPOS DE LA LIGNE NUMÉRIQUE MENTALE

| FANJAT* JULIETTE ET RODITI** ÉRIC

Résumé | Depuis quelques années, la ligne numérique mentale a fait son apparition dans l'institution scolaire française. Cette communication propose d'interroger la transposition d'un objet de la psychologie cognitive en un objet d'enseignement ; notamment, elle montre en quoi la considération d'un point de vue didactique permet de compléter les protocoles issus de la psychologie cognitive afin d'intégrer l'activité mathématique nécessaire à la conceptualisation des nombres entiers naturels.

Mots-clés : ligne numérique mentale, psychologie cognitive, nombres entiers naturels, école maternelle, effet SNARC

Abstract | In recent years, the mental number line has been introduced into the French educational system. This paper examines the transposition of an object from cognitive psychology into a pedagogical object. In particular, it demonstrates how a didactic perspective can be used to supplement protocols derived from cognitive psychology in order to integrate the mathematical activities necessary for the conceptualisation of natural numbers.

Keywords: mental number line, cognitive psychology, natural numbers, preschool, SNARC effect

I. INTRODUCTION

Depuis sa création en tant que champ scientifique, la didactique des mathématiques partage des frontières poreuses avec la psychologie (Dorier, 2022) ; toutefois, ces deux disciplines peinent aujourd'hui à dialoguer. En effet, la didactique produit peu de travaux spécifiques permettant de repenser les questions d'enseignement et d'apprentissage à l'aune des résultats récents de la psychologie cognitive ; inversement, les études de psychologie cognitive ne prennent pas nécessairement en compte la littérature scientifique didactique (Gardes et al., 2021 ; Roditi, 2023).

En nous nous intéressant particulièrement à l'enseignement et à l'apprentissage des nombres entiers, nous présentons une interrogation didactique à propos d'un objet issu de la psychologie cognitive. Plus précisément, nous proposons d'interroger la ligne numérique mentale et, plus spécifiquement, l'orientation de cette représentation spatiale des nombres.

Après avoir montré comment l'institution scolaire française a progressivement pris en compte puis intégré les résultats issus de la psychologie cognitive, nous résumons les principales propriétés de la ligne numérique mentale. Nous introduisons ensuite une réflexion sur les protocoles expérimentaux mobilisés par la psychologie cognitive qui conduisent à ces propriétés pour enfin proposer une méthodologie d'étude de l'orientation de la représentation spatiale des nombres entiers ancrée en didactique.

* Université Paris Cité, EDA, F-75006 Paris – France – juliette.fanjat@u-paris.fr

** Université Paris Cité, EDA, F-75006 Paris – France – eric.roditi@u-paris.fr

II. DES ACTUALITÉS CONVERGENTES ENTRE RECHERCHE EN PSYCHOLOGIE COGNITIVE ET INSTITUTION SCOLAIRE FRANÇAISE

1. *L'acquisition des nombres entiers : de nouveaux travaux en psychologie cognitive*

Dans les années 1980 et 1990, les travaux des neuropsychologues Michael McCloskey et Stanislas Dehaene et l'amélioration des techniques d'imagerie médicale (telle que l'IRM fonctionnelle) renouvellent, dans le champ de la psychologie cognitive, la modélisation de la cognition numérique (LeFevre, 2016 ; Gardes et al., 2021). Aujourd'hui, de nombreuses recherches portent sur la description du développement des compétences numériques des enfants (dont la recherche de compétences précoces ou de variables prédictrices des performances ultérieures) ou sur des interventions auprès d'enfants en difficulté d'apprentissage (pour une recension récente, voir, par exemple, Viarouge, 2020, ou Fayol et Fanjat, 2024).

Ces recherches ont progressivement été prises en compte par l'institution scolaire française et portées à la connaissance des enseignants par différents moyens. Ainsi, en 2018, le Conseil scientifique de l'Éducation nationale (Csen) est créé. Présidé par Stanislas Dehaene, il se donne pour mission de « [faire] la synthèse des recherches et des expérimentations existantes et [de] les diffuse[r] » (2023) : conférences, ressources pédagogiques, etc. Grâce à un groupe de travail dédié, le Csen produit entre autres des ressources liées à l'enseignement et à l'apprentissage des mathématiques (voir, par exemple, Lubineau et al., 2022, ou Dehaene et al., 2023).

2. *Un nouvel objet d'évaluation et d'enseignement : la ligne numérique*

En 2018, les élèves de cours préparatoire (CP) sont évalués sur leur capacité à « placer un nombre sur une ligne numérique » (MEN, 2019, p. 2), notion alors absente des programmes scolaires de maternelle (Dgesco, 2015). Des tâches de placement d'un nombre entier (compris entre 1 et 9) apparaissent dans les évaluations nationales de début d'année (MENJ, 2018). En 2022, la tâche d'évaluation change (Figure 1) : la droite est alors graduée d'unité en unité de 0 à 10, permettant ainsi une résolution de la tâche par seul comptage des graduations (MENJ, 2022).

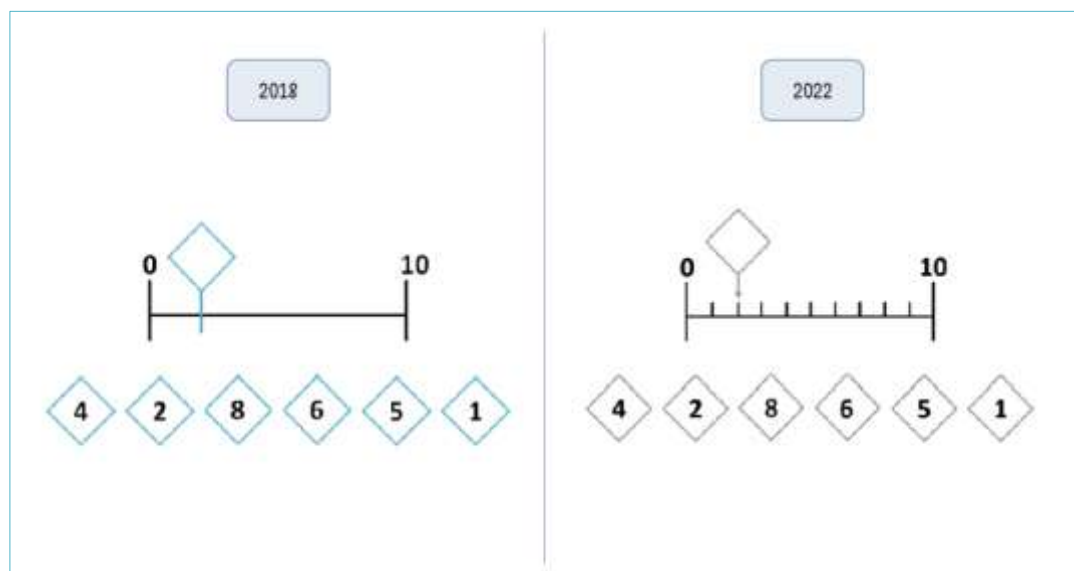


Figure 1 – Items issus des évaluations nationales de début de cours préparatoire. D'après MENJ, 2018 et MENJ, 2022

La même année, le Csen consacre une note à la « ligne numérique ». Ils y mentionnent explicitement la « ligne numérique mentale », objet de la psychologie construit pour étudier la cognition mathématique qui désigne « l'idée selon laquelle les quantités et les grandeurs (ou encore les magnitudes) peuvent être représentées selon une ligne mentale orientée de gauche à droite » (Fayol, 2015, p. 44) avec une compression progressive des nombres. Dans sa note, le Csen indique que la ligne numérique constitue « un outil essentiel pour faciliter et révéler la compréhension de l'arithmétique » (Dehaene et al., 2022, p. 2) et, à ce titre, justifie son recours dans les évaluations nationales de début de CP et en classe.

En 2024, au moment où nous rédigeons ces lignes, le terme « ligne numérique » fait son entrée dans les programmes scolaires de mathématiques (encore à l'état de projet) du cycle 1. Il y est en effet indiqué que « la bande numérique préfigure la ligne numérique. [...] Le fait qu'un nombre soit perçu à la fois comme une quantité et comme une position [...] aide à sa compréhension » (Dgesco, 2024).

Ainsi, les recherches récentes de psychologie cognitive ont apporté de nouveaux savoirs quant aux compétences qu'elles qualifient de numériques des enfants et ont influencé les choix de l'institution scolaire (voir notamment Dgesco, 2023) – en témoigne notamment l'exemple de la ligne numérique mentale.

III. LA LIGNE NUMÉRIQUE MENTALE : PROPRIÉTÉS D'UN OBJET DE LA PSYCHOLOGIE COGNITIVE

Ces développements scientifiques et institutionnels récents interrogent la didactique des mathématiques : la ligne numérique mentale, objet issu de la psychologie cognitive et non des mathématiques, doit-elle être transposée en un objet d'enseignement des mathématiques ? Le cas échéant, comment pourrait-elle l'être ? Afin de questionner cette transposition, il est d'abord nécessaire de revenir sur les connaissances produites par le champ scientifique de la psychologie cognitive à propos de la ligne numérique mentale.

L'idée d'une ligne numérique mentale n'est pas récente en psychologie cognitive ; toutefois, son exploration systématique débute dans les années 2000 – les épreuves consistant alors à placer des nombres sur une droite ou un segment borné (souvent de 0 à 100 ou de 0 à 1 000) (Fayol, 2015). Les expérimentations menées sur cette représentation mentale ont notamment permis d'en définir deux caractéristiques principales, déjà mentionnées ci-dessus : la compression progressive des grands nombres et l'orientation de gauche à droite.

- **Compression progressive des grands nombres** : les travaux de psychologie ont mis en évidence un effet de taille dans la comparaison des nombres entiers. Ce dernier désigne le fait qu'« [à] distance constante, la comparaison de 125 et 126 est plus difficile que celle de 25 et 26 ou encore de 5 et 6 » (Fayol, 2015, p. 3). Afin de rendre compte de cet effet, les chercheurs ont modélisé la ligne numérique mentale avec une compression progressive des grands nombres : ainsi, la distance perçue entre 5 et 6 est supérieure à la distance perçue entre 125 et 126¹.

Cette propriété de la ligne numérique mentale la distingue d'un objet mathématique proche, la droite numérique (accompagnée de sa représentation sémiotique la droite graduée) : sur celle-ci, l'espacement

¹ Cette compression évolue toutefois avec l'âge : les expérimentations ont montré que la représentation mentale des nombres des enfants se linéarise (*écart constant entre deux nombres entiers consécutifs*) progressivement (Siegler et Booth, 2004).

entre deux nombres entiers consécutifs quelconques est constant. Ainsi, nous proposons de distinguer la *ligne numérique mentale*, objet de la psychologie cognitive, la *droite numérique*, objet des mathématiques, et la *droite graduée*, représentation sémiotique engagée dans les activités mathématiques comme dans les processus d'enseignement et d'apprentissage (Duval, 2018)².

- **Orientation de gauche à droite** : au début des années 1990, des neuroscientifiques cherchent à étudier le lien entre parité des nombres et latéralisation : une partie de la population doit donner la réponse « pair » avec la main droite et « impair » avec la main gauche tandis qu'une autre partie doit faire le contraire. Les chercheurs se rendent alors compte que, quelle que soit la parité des nombres en jeu :

Les réponses de la main gauche étaient plus rapides que celles de la main droite pour les petits nombres, et la réciproque était vraie pour les grands nombres [...]. Ce résultat peut être décrit comme une double association ou préférence : « **grand** » est associé avec « **droite** » et « **petit** » avec « **gauche** » (Dehaene et al., 1993, p. 379-380 – c'est nous qui traduisons et qui soulignons).

Cet effet, intitulé SNARC (*Spatial-Numerical Association of Response Code*), conduit les neuroscientifiques à modéliser la ligne numérique mentale en la dotant d'une orientation : les petits nombres positifs se situent sur sa gauche et les grands nombres sur sa droite.

Les recherches menées sur l'effet SNARC interrogent principalement son universalité. La question de son origine reste aujourd'hui en débat (voir par exemple Pitt et al., 2023 pour une discussion sur son innéité). D'autres travaux ont montré que sa manifestation était dépendante du sens de lecture de la langue de l'individu : ainsi, Shaki et al. (2009) montrent que, pour un même protocole, des Canadiens témoignent d'un effet SNARC (lecture de gauche à droite et orientation gauche – droite) tandis que des Palestiniens témoignent d'un effet SNARC dit *inversé* (lecture de droite à gauche et orientation droite – gauche).

IV. L'EFFET SNARC : EXEMPLE D'UNE INTERROGATION DIDACTIQUE À PROPOS D'UN RÉSULTAT ISSU DE LA PSYCHOLOGIE COGNITIVE

Cet effet SNARC a ainsi fait l'objet de nombreux travaux en psychologie cognitive. Si ces derniers ont permis d'en établir plusieurs caractéristiques, les protocoles expérimentaux mis en œuvre témoignent d'un certain éloignement d'une activité mathématique mobilisant le concept de nombre, de l'apprentissage de ce concept et donc de la didactique des mathématiques. Parmi les deux propriétés de la ligne numérique mentale, c'est son orientation (effet SNARC) que nous nous proposons ici d'interroger avec un point de vue didactique.

1. Des protocoles de psychologie cognitive distants de la didactique des mathématiques

Les études portant sur l'effet SNARC s'inscrivent avant tout dans le champ scientifique de la psychologie cognitive. Leurs protocoles expérimentaux convoquent des tâches sans finalité numérique : les nombres n'y sont pas pensés comme outils pour résoudre des problèmes³. Aussi les méthodologies développées au cours de ces recherches ne permettent-elles pas de répondre à la question suivante : l'effet SNARC, qui détermine l'orientation de la ligne numérique mentale,

² Pour les auteurs des programmes scolaires cités ci-dessus, le terme « ligne numérique » semble synonyme de « droite numérique ».

³ Par exemple, dans les expériences de Dehaene et al. (1993) et de Shaki et al. (2009) précédemment citées, les individus doivent appuyer sur des boutons en fonction de la parité des nombres affichés sur un écran.

détermine-t-il en même temps l'orientation de l'objet mathématique qu'est la droite numérique – notamment lorsqu'elle est mobilisée pour résoudre une tâche finalisée par un objectif mathématique ?

La réponse à cette question nous semble d'autant plus importante que la place accordée actuellement par l'institution scolaire à la ligne numérique mentale met cet objet au premier plan des objectifs à atteindre à la fin de l'école maternelle. Poursuivant une réflexion déjà initiée par Barallobres (2018), nous percevons en effet une tension entre deux perspectives : d'une part enseigner la « ligne numérique » à l'école en vue de développer la ligne numérique mentale des élèves, d'autre part enseigner la droite numérique et sa représentation sémiotique (la droite graduée) pour que les élèves conceptualisent le nombre entier, notamment à travers ses propriétés articulant ordinalité et cardinalité. Se pose ainsi plus largement la question du rôle accordé à l'école : s'agit-il pour elle de proposer des tâches sans motivation mathématique pour favoriser le développement de capacités innées mais limitées de cognition numérique de l'enfant, ou plutôt de transmettre des savoirs et pratiques mathématiques socialement partagées – en recourant donc à des tâches finalisées ?

2. *Étude didactique de l'orientation de la représentation spatiale des nombres*

Nous constatons que certaines tâches évaluatives conçues par le Csen, comme celles du placement approximatif des nombres sur un segment de droite non gradué (Figure 1) s'apparentent à des protocoles expérimentaux de la psychologie cognitive, et font intervenir uniquement des nombres en dehors de toute finalité. Mélanie Guenais, qui participe au même projet spécial (voir son texte dans les actes du colloque) effectue le même constat pour plusieurs autres items de cette évaluation nationale. Des enseignements prodigués par des enseignants pour faire progresser les élèves à ces évaluations s'inscrivent dans la première perspective de développement des capacités cérébrales. Or nous considérons que, d'un point de vue didactique, la seconde perspective qui vise à transmettre des savoirs et pratiques socialement partagées ne peut être évacuée.

Revenons à notre expérimentation. Lorsque des objets sont alignés, leur attribuer un numéro est une tâche incluse dans la tâche de comptage visant à effectuer un dénombrement de ces objets. Les élèves numérotent-ils ou comptent-ils des objets préférentiellement de gauche à droite lorsque ces derniers sont alignés, y compris quand le choix du sens du numérotage ou comptage n'est pas neutre quant à son efficacité ? Nous nous proposons ici, avec un point de vue didactique, d'interroger la préférence éventuellement accordée à un sens plutôt qu'à un autre dans une activité de comptage numérotage d'objets alignés, mobilisant la composante ordinale des nombres entiers, et pour laquelle l'efficacité du comptage n'est pas indépendant du sens choisi pour l'effectuer. Il s'agit ainsi de savoir si, dans ces conditions où les élèves comptent avec un objectif et un souci d'efficacité, ils privilégient l'une ou l'autre des orientations. Il s'agit, autrement dit, d'interroger le lien entre l'orientation éventuelle d'une ligne d'objets à compter et l'orientation supposée de la ligne numérique mentale⁴.

Pour ce faire, nous envisageons un protocole subdivisé en trois scénarios (chacun suivant une trame commune, Figure 2) :

- **Étape 1** : l'expérimentateur dispose deux rangées de gobelets parfaitement identiques : la première sur une table en face de lui (rangée 1, où tous les gobelets sauf un ont une graine

⁴ À notre connaissance, aucune étude de psychologie cognitive ne s'est interrogée sur l'existence d'un tel « principe d'efficacité ». Parmi les recherches visant à étudier l'existence d'un sens préférentiel dans le comptage d'objets alignés, certaines parviennent à des conclusions contradictoires : ainsi, étudiant des enfants de moins de 6 ans effectuant une tâche de dénombrement d'une ligne d'objets, Opfer et Thomson (2006) rapportent un sens préférentiel de comptage (de la gauche vers la droite) tandis que Knudsen et al. (2014) n'observent pas de différence significative.

à l'intérieur), la seconde sur une autre table parallèle à la première (rangée 2, où tous les gobelets sont recouverts d'un couvercle, et où tous sauf un sont vides) :

- Variante G : l'objet est caché sous l'un des gobelets les plus à gauche – l'orientation de gauche à droite pour le comptage est alors la plus favorable car il y a moins de gobelets à compter pour identifier la position de l'objet ;
- Variante D : l'objet est caché sous l'un des gobelets les plus à droite – l'orientation de gauche à droite est alors la moins favorable ;
- Variante M : l'objet est caché sous le gobelet central ou d'un gobelet proche de ce dernier (c'est-à-dire à peu près au milieu) – l'orientation de gauche à droite est alors plutôt neutre quant à l'efficacité de la réalisation de la tâche ;
- **Étape 2 :** l'expérimentateur montre à l'élève l'unique gobelet vide de la rangée 1 et lui annonce que la graine « coquine » est allée se cacher dans la rangée 2, « dans le gobelet qui a la même place que le gobelet vide ».
- **Étape 3 :** l'élève doit alors chercher le gobelet où est allée se cacher la graine « coquine ».

Nous relevons ensuite le sens de comptage choisi par l'élève pour retrouver la position de la graine « coquine ». Nous cherchons ainsi à savoir si les enfants témoignent d'un « principe d'efficacité » qui les conduirait à choisir le sens le plus efficace, c'est-à-dire celui où le nombre de gobelets à compter est le plus petit : si l'objet caché est situé plutôt à gauche, indiquer sa position à partir du repère à gauche – et si l'objet caché est situé plutôt à droite, décrire sa position à partir du repère à droite.

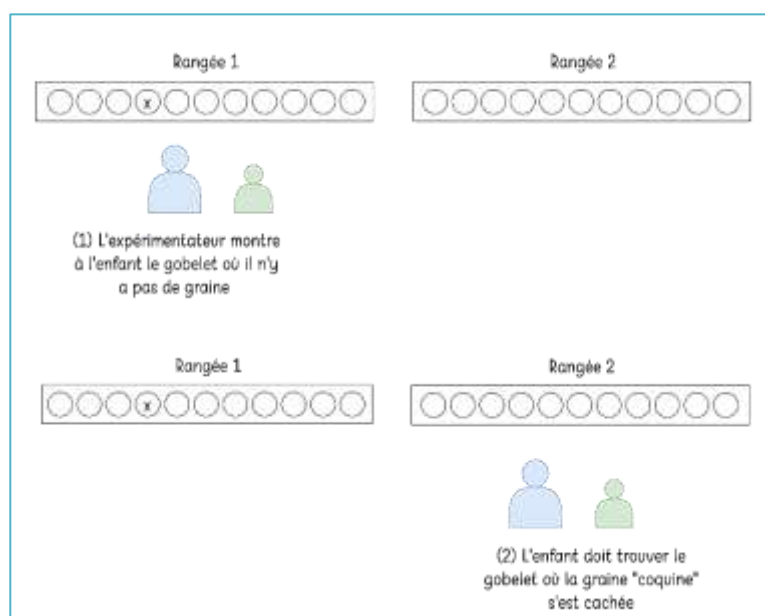


Figure 2 – Modélisation de l'expérimentation.

Nous faisons ainsi l'hypothèse que le sens du comptage mobilisé par les élèves pour résoudre des tâches mathématiques pourrait être déterminé par la finalité de la tâche (existence d'un « principe d'efficacité »).

Pour étudier cette hypothèse, nous prévoyons d'interroger des enfants scolarisés de la petite à la grande section de maternelle (de 3 à 6 ans) à l'école française.

Des traitements statistiques nous permettront ensuite d'analyser la significativité des différences potentiellement observées dans l'orientation choisie par les élèves pour résoudre les tâches proposées ;

le Tableau 1 ci-dessous résume ce que suggérerait chacun des résultats possibles, sachant que 1) pour la variante M, le sens du comptage n'apporte pas d'information sur le principe d'efficacité, et 2) l'absence de sens de comptage privilégié n'est compatible avec aucune hypothèse (sens du comptage issu de l'orientation de la ligne numérique mentale ou existence d'un principe d'efficacité).

Tableau 1 – Résultats possibles de l'expérimentation

Sens du comptage majoritairement observé	Gauche → Droite	Droite → Gauche
Variante G		
Lié à la mise en œuvre d'un « principe d'efficacité »	Oui	Non
Lié à l'orientation de la ligne numérique mentale	Oui	Non
Variante D		
Lié à la mise en œuvre d'un « principe d'efficacité »	Non	Oui
Lié à l'orientation de la ligne numérique mentale	Oui	Non
Variante M		
Lié à l'orientation de la ligne numérique mentale	Oui	Non

Note. Lecture : une orientation « gauche – droite » du comptage (orientation de la droite numérique mobilisée par les élèves) pour la variante D pourrait être lié à l'orientation de la ligne numérique mentale.

Notons que nous prévoyons également dans nos analyses de neutraliser trois variables pouvant influencer l'effet SNARC et le sens de comptage : la latéralisation de l'élève (Patro et al., 2015), son âge et le sens de lecture usuel de sa langue maternelle (Shaki et al., 2012).

V. CONCLUSION

L'expérimentation que nous venons de décrire n'avait pas encore été réalisée avant le colloque. Nous en avons présenté les premiers résultats lors de la conférence : les élèves comptent préférentiellement de gauche à droite, ceux qui argumentent ce choix évoquent une doxa (du type « c'est comme ça qu'on compte ») éventuellement associée à des prescriptions scolaires (du type « la maîtresse dit qu'on doit compter comme ça »). Nous ne pouvons écarter ici un effet « culturel » lié à l'orientation de la lecture de droite à gauche en français, ainsi qu'aux représentations usuelles de la bande numérique ou des frises chronologiques. Nous observons toutefois un comptage de droite à gauche préférentiel (statistiquement significatif) lorsque ce comptage est sensiblement plus efficace. Se repose donc la question : faut-il enseigner à compter de gauche à droite, ou à compter efficacement en tirant parti des propriétés des nombres en vue de les enseigner ?

RÉFÉRENCES

- Barallobres, G. (2018). Réflexions sur les liens entre neurosciences, mathématiques et éducation. *McGill Journal of Education*, 53(1), 169-188. <https://doi.org/10.7202/1056288ar>
- Conseil scientifique de l'Éducation nationale (Csen) (2023). *Le Conseil scientifique de l'Éducation nationale au service de la communauté éducative*. <https://www.education.gouv.fr/le-conseil-scientifique-de-l-education-nationale-au-service-de-la-communaute-educative-309492>
- Dehaene, S., Bossini, S. et Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122(3), 371-396. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.122.3.371>

- Dehaene, S., Potier-Watkins, C. et Cauté, M. (2023). *Une inquiétante mécompréhension des nombres et surtout des fractions à l'entrée en sixième*. https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user_upload/Projets/conseil_scientifique_education_nationale/Note_alerte_CSEN_02_V2.pdf
- Dehaene, S., Potier-Watkins, C., He, C. X. et Lubineau, M. (2022). *Évaluer la compréhension des nombres décimaux et des fractions : le test de la ligne numérique*. https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user_upload/Projets/conseil_scientifique_education_nationale/Note_comprehension_nombres_decimaux_fractions_CSEN.pdf
- Direction générale de l'enseignement scolaire [Dgescs]. (2015). *Programmes d'enseignement de l'école maternelle*.
- Direction générale de l'enseignement scolaire [Dgescs]. (2023). *Les guides fondamentaux pour enseigner. La construction du nombre à l'école maternelle*. <https://eduscol.education.fr/document/50924/download?attachment>
- Direction générale de l'enseignement scolaire [Dgescs]. (2024). *Programmes d'enseignement de français et de mathématiques de l'école maternelle (cycle 1) et du cycle des apprentissages fondamentaux (cycle 2)*.
- Dorier, J.-L. (2022). L'héritage de Piaget en didactique des mathématiques. *ANAE : Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant*, (176), 45-52.
- Duval, R. (2018). La conversion des représentations : un des deux processus fondamentaux de la pensée. Dans J. Baillé (dir.), *Du mot au concept – Conversion* (p. 9-45). Presses universitaires de renoble.
- Fayol, M. (2015). *Nombres et opérations : premiers apprentissages à l'école primaire. Un bilan scientifique*. Cnesco. <https://www.cnesco.fr/wp-content/uploads/2015/11/Bilan-de-la-recherche.pdf>
- Fayol, M. et Fanjat, J. (2024). *L'acquisition des nombres entiers. De la description de son évolution aux interventions*. Confemen et Cnesco-Cnam. https://www.cnesco.fr/wp-content/uploads/2024/07/Confemen-Cnesco_CC-maths-primaire_FAYOL-FANJAT.pdf
- Gardes, M.-L., Croset, M.-C., Courtier, P. et Prado, J. (2021). Comment la didactique des mathématiques peut-elle informer l'étude de la cognition numérique ? L'exemple d'une étude collaborative autour de la pédagogie Montessori en maternelle. *Raisons éducatives*, 25, 237-259. <https://doi.org/10.3917/raised.025.0237>
- Knudsen, B., Fischer, M. H. et Aschersleben, G. (2015). Development of spatial preferences for counting and picture naming. *Psychological Research*, 79(6), 939-949. <https://doi.org/10.1007/s00426-014-0623-z>
- LeFevre, J.-A. (2016). Numerical cognition: Adding it up. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 70(1), 3-11. <https://doi.org/10.1037/cep0000062>
- Lubineau, M., Dehaene, S., Potier-Watkins, C., Gurgand, M., Pawlik, A., Bévalot, C. et Viltard, N. (2022). Distribuer des jeux aux élèves avant l'été améliore-t-il leurs performances en maths ? Une expérimentation randomisée contrôlée. *Note du CSEN*, (7), 1-7. https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user_upload/Projets/conseil_scientifique_education_nationale/Note_CSEN_2022_07.pdf
- Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse [MENJ]. (2018). *Évaluations repères 2018 de début de CP : premiers résultats*. <https://www.education.gouv.fr/evaluations-reperes-2018-de-debut-de-cp-premiers-resultats-7640>
- Ministère de l'Éducation nationale de France [MEN]. (2019). *Évaluations repères CP et CE1 2019*. Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance [DEPP]. <https://www.education.gouv.fr/resultats-des-evaluations-reperes-cp-et-ce1-2019-1025>

- Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse [MENJ]. (2022). *Évaluations 2022 : repère CP, CE1 – premiers résultats*. <https://www.education.gouv.fr/evaluations-2022-reperes-cp-ce1-premiers-resultats-343393>
- Opfer, J. E. et Thompson, C. A. (2006, 29 juillet). *Even early representations of numerical magnitude are spatially organized: Evidence for a directional magnitude bias in pre-reading preschoolers* [Communication]. 28th Annual Meeting of the Cognitive Science Society, Vancouver, Canada.
- Patro, K., Nuerk, H.-C. et Cress, U. (2015). Does your body count? Embodied influences on the preferred counting direction of preschoolers. *Journal of Cognitive Psychology*, 27(4), 413-425. <https://doi.org/10.1080/20445911.2015.1008005>
- Pitt, B., Casasanto, D. et Piantadosi, S. T. (2023). No clear evidence for an innate left-to-right mental number line. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(28), Article e2306099120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2306099120>
- Roditi, É. (2023). Les neurosciences cognitives et l'enseignement des nombres à l'école – Réflexions didactiques. *Grand N*, (112), 5-24.
- Shaki, S., Fischer, M. H. et Göbel, S. M. (2012). Direction counts: A comparative study of spatially directional counting biases in cultures with different reading directions. *Journal of Experimental Child Psychology*, 112(2), 275-281. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2011.12.005>
- Shaki, S., Fischer, M. H. et Petrusic, W. M. (2009). Reading habits for both words and numbers contribute to the SNARC effect. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16(2), 328-331. <https://doi.org/10.3758/PBR.16.2.328>
- Siegler, R. S. et Booth, J. L. (2004). Development of numerical estimation in young children. *Child Development*, 75(2), 428-444. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2004.00684.x>
- Viarouge, A. (2020). Le nombre et l'arithmétique. Dans N. Poirel (dir.), *Neurosciences cognitives et développementales* (p. 160-193). De Boeck Supérieur.