



HAL
open science

Différences individuelles dans l'utilisation de stratégies en arithmétique

Pierre-Yves Y Gilles, Christel Masse, Patrick Lemaire

► **To cite this version:**

Pierre-Yves Y Gilles, Christel Masse, Patrick Lemaire. Différences individuelles dans l'utilisation de stratégies en arithmétique. *L'Année psychologique*, 2001, 101 (1), pp.9 - 32. 10.3406/psy.2001.29714 . hal-04503353

HAL Id: hal-04503353

<https://hal.science/hal-04503353>

Submitted on 13 Mar 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0
International License

Différences individuelles dans l'utilisation de stratégies en arithmétique

In: L'année psychologique. 2001 vol. 101, n°1. pp. 9-32.

Abstract

Summary : Individual differences in arithmetic strategy use

The present study examined individual differences in strategy use in the context of participants' use and execution of a heuristic for verifying mathematical equations, the five rule (i.e., reject equations that contain a 5 as a multiplicand and that have neither a 5 nor a 0 as the final digit of the proposed answer). The proportion of problems that violated this rule varied by block. Tendency to adopt the heuristic was inferred from the size of the latency and accuracy advantage for the five rule violations as compared with the false problems. Participants of varying skill levels differ in the speed and accuracy of executing the five-rule checking strategy as well as in the adaptivity of their strategy choices. Moreover, both low- and high-arithmetic skill participants used the five-rule on large problems only. The findings have a number of implications for understanding which variables affect strategy use and for understanding individual differences in strategy use.

Key word : arithmetic, strategies, heuristics, individual differences.

Résumé

Résumé

Cette recherche porte sur l'étude des différences individuelles dans l'emploi et l'exécution d'une heuristique en arithmétique. L'heuristique de la règle de 5 consiste à rejeter les équations multiplicatives comportant 5 comme multiplicande et dont le résultat se termine ni par 0 ni par 5 (e.g., $5 \times 14 = 73$). Les résultats montrent que : 1/ La règle de 5 est utilisée, par tous les sujets, mais sur les problèmes complexes ; 2/ L'efficacité de l'utilisation de l'heuristique, et l'adaptation des choix stratégiques aux conditions expérimentales sont affectées par les compétences en arithmétique. La discussion considère les implications, du point de vue de la compréhension des effets de certaines variables expérimentales et des différences individuelles sur l'utilisation des stratégies.

Mots-clés : arithmétique, stratégies, heuristiques, différences individuelles.

Citer ce document / Cite this document :

Gilles P. Y., Masse C., Lemaire P. Différences individuelles dans l'utilisation de stratégies en arithmétique. In: L'année psychologique. 2001 vol. 101, n°1. pp. 9-32.

doi : 10.3406/psy.2001.29714

http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/psy_0003-5033_2001_num_101_1_29714

MÉMOIRES ORIGINAUX

*Laboratoire de Psychologie cognitive
CNRS, Université de Provence¹*

DIFFÉRENCES INDIVIDUELLES DANS L'UTILISATION DE STRATÉGIES EN ARITHMÉTIQUE

par Pierre-Yves GILLES, Christel MASSE et Patrick LEMAIRE²

SUMMARY : *Individual differences in arithmetic strategy use*

The present study examined individual differences in strategy use in the context of participants' use and execution of a heuristic for verifying mathematical equations, the five rule (i.e., reject equations that contain a 5 as a multiplicand and that have neither a 5 nor a 0 as the final digit of the proposed answer). The proportion of problems that violated this rule varied by block. Tendency to adopt the heuristic was inferred from the size of the latency and accuracy advantage for the five rule violations as compared with the false problems. Participants of varying skill levels differ in the speed and accuracy of executing the five-rule checking strategy as well as in the adaptivity of their strategy choices. Moreover, both low- and high-arithmetic skill participants used the five-rule on large problems only. The findings have a number of implications for understanding which variables affect strategy use and for understanding individual differences in strategy use.

Key word : *arithmetic, strategies, heuristics, individual differences.*

Une des caractéristiques les plus fascinantes de la cognition humaine est l'utilisation de multiples stratégies pour accomplir la plupart des tâches cognitives. En suivant la tradition instaurée par Newell et Simon (1972), une stratégie est définie en psychologie cognitive comme « une procédure ou un ensemble de procé-

1. 3, place Victor-Hugo, Case 66, 13331 Marseille.

2. E-mail : lemaire@up.univ-mrs.fr ; c-masse@up.univ-mrs.fr.

dures [méthodes] utilisées pour accomplir une tâche cognitive (Lemaire et Reder, 1999). Ce phénomène est avéré dans des domaines aussi divers que le rappel sériel, la production écrite, la vérification de phrases, l'arithmétique, le traitement des informations visuo-spatiales, l'estimation ou la prise de décision, tant chez l'adulte que chez l'enfant (*e.g.*, Ashcraft, 1992 ; Collins, 1978 ; Donley et Ashcraft, 1992 ; Gigerenzer, Todd *et al.*, 1999 ; Gilles, 1994 ; Glucksberg et McCloskey, 1981 ; Hasher et Zacks, 1979 ; Jacoby et Dallas, 1981 ; LeFevre, Sadesky et Bisanz, 1996 ; Lemaire et Siegler, 1995 ; Mandler, 1980 ; Lemaire, Lecauteur et Farioli, 2000 ; Masse et Lemaire, sous presse ; Norman, 1973 ; Pelham, Sumarta et Myaskovsky, 1994 ; Reder, 1982, 1987 ; Reder et Ritter, 1992 ; Siegler et Shrager, 1984 ; Smith, Shoben et Rips, 1974). Ces travaux ont permis d'étudier différents aspects des stratégies, en précisant celles qui sont utilisées, la fréquence de leur mise en œuvre, leur mode de sélection (*e.g.* Lemaire et Siegler, 1995 ; Lovett et Anderson, 1996 ; Reder, 1982, 1987 ; Reder et Ritter 1992 ; Reder et Schunn, 1996, sous presse ; Schunn, Reder, Nhouyvanisvong, Richards et Stroffolino, 1997 ; Siegler, 1988 ; Siegler et Lemaire, 1997). Ces aspects stratégiques sont-ils liés à des aptitudes différentes ? L'objectif de la présente recherche était de répondre à cette question.

Comme le notent Reder et Schunn (sous presse), on peut distinguer deux axes de recherche pour l'étude des différences individuelles. Le premier vise à classer les différences de capacités, ou aptitudes, sur des ensembles organisés de dimensions (Carroll, 1993). Dans cette perspective, les sujets utilisent les mêmes processus pour résoudre les tâches, mais se différencient sur certains paramètres tels que la vitesse de traitement (Kail, 1988 ; Salthouse, 1994) ou la mémoire de travail (Just et Carpenter, 1992 ; Anderson, Reder, et Lebiere, 1996). Le second axe porte sur les différences de stratégies dans certains aspects du comportement. Les personnes ont clairement des préférences stratégiques (Reder et Schunn, sous presse ; Reuchlin, 1978 ; Siegler et Lemaire, 1997 ; Reder, Wible et Martin, 1986). Reder et Schunn ont montré que les personnes se différencient sur la propension à passer d'une stratégie à une autre, plus adaptée, et que cette adaptabilité est corrélée à d'autres aptitudes. C'est dans cette perspective que se situe la présente recherche. Le cadre conceptuel, utilisé pour étudier les différences individuelles dans les performances associées à certaines stratégies, est emprunté à Lemaire et Siegler

(1995). Ces auteurs distinguent quatre dimensions stratégiques : Quelles sont les stratégies utilisées ? Quand sont-elles utilisées ? Comment sont-elles exécutées ? Comment sont-elles sélectionnées ? Chacune d'entre elles est susceptible d'être associée aux différences individuelles, et sera donc étudiée ici.

La présente étude est centrée sur l'arithmétique, domaine choisi en raison de ses apports à la compréhension des aspects plus généraux de la cognition humaine (*e.g.*, Lemaire et Bernoussi, 1991 ; Lemaire et Masse, 1997 ; Lemaire *et al.*, 1994, 1996), et du faible nombre de travaux portant sur les différences individuelles à l'âge adulte. En arithmétique, il est classique de distinguer les tâches de production et les tâches de vérification. Dans les tâches de production, les participants ont à traiter des séries de problèmes du type ($8 \times 4 = ?$ $19 \times 23 = ?$) : les stratégies sont identifiées et caractérisées du point de vue de leur fréquence, vitesse et précision. Dans une tâche de vérification, il s'agit de juger de l'exactitude d'équations du type $8 \times 4 = 32$. Les vitesses et précisions des réponses sont étudiées en fonction de la nature des problèmes (*e.g.* $8 \times 4 = 32$ *vs* $8 \times 4 = 31$). L'utilisation de multiples stratégies est inférée à partir des patrons de temps de réponse et de l'exactitude en fonction des facteurs expérimentaux. La variabilité individuelle dans la sélection des stratégies est conduite ici sur des tâches de vérification.

Plus précisément, nous nous sommes focalisés sur l'heuristique de la règle de 5. Cette heuristique, qui consiste à rejeter les équations comportant 5 comme multiplicande et dont le résultat ne se termine ni par 0 ni par 5, offre un paradigme intéressant pour l'étude des stratégies dans la vérification de problèmes arithmétiques. Les participants rejettent plus rapidement les inégalités lorsque la réponse proposée viole la règle de 5 (*e.g.* $5 \times 13 = 68$) que lorsqu'elle la respecte (*e.g.*, $5 \times 13 = 70$). Lemaire et Reder (1999) ont mis en évidence des interactions entre la violation de la règle de 5 dans un problème et d'autres facteurs expérimentaux, comme par exemple la parité du multiplicateur (*i.e.* les effets de la règle sont plus importants lorsque le multiplicateur est impair). Un effet particulièrement intéressant est lié au taux de problèmes qui violent la règle. Dans l'expérience de Lemaire et Reder, les participants commençaient par un bloc comportant exactement 50 % de problèmes violant la règle. Le passage à une condition dans laquelle on augmente la fréquence de problèmes violant la règle (de 50 à 75 %)

accentue les effets de la règle. *A contrario*, une moindre fréquence (de 50 à 25 %) de problèmes violant la règle diminue les effets. Cela indique que les participants sont sensibles au contexte expérimental pour utiliser une certaine stratégie. La condition dans laquelle les problèmes violant la règle sont les plus nombreux la rend plus saillante : les participants répondent en cela de manière adaptative puisqu'ils notent cette proportion et l'utilisent pour améliorer leurs performances. Cette sensibilité aux taux a été trouvée par ailleurs (e.g. Reder, 1987 ; Lovett et Anderson, 1996 ; Reder et Schunn, sous presse).

Au-delà de ces effets expérimentaux, la présente recherche teste l'hypothèse selon laquelle des sujets différents sur le plan des compétences en arithmétique recourent à des stratégies différentes. Dans ce but, nous avons testé des sujets de faible et de haut niveau en arithmétique sur des problèmes qui peuvent être traités en utilisant ou non l'heuristique de la stratégie règle de 5. Suivant le paradigme expérimental de Lemaire et Reder (expérience 3), nous avons en premier lieu testé les sujets dans la condition où 50 % des problèmes violaient la règle de 5. Ensuite, la moitié des sujets étaient testés dans la condition comportant 75 % de problèmes violant la règle, les autres participants étant placés dans la condition comportant 25 % de ces problèmes.

La première dimension sur laquelle les sujets diffèrent est le recours ou non à l'heuristique de la règle de 5. Trois hypothèses, associant les stratégies aux aptitudes, peuvent être posées : 1 / Les réponses des sujets faibles prennent autant de temps et entraînent autant d'erreurs sur les problèmes violant et respectant la règle : cela suggère qu'ils n'ont pas recours à l'heuristique de la règle de 5, soit parce qu'ils l'ignorent, soit parce qu'ils ne la détectent pas. 2 / Les sujets forts n'utilisent pas l'heuristique de la règle de 5, car leurs compétences rendent inutile l'utilisation d'un raccourci. 3 / Les deux groupes peuvent être sensibles de manière similaire à la règle de 5, suggérant que les aptitudes numériques ne sont pas liées à l'utilisation de stratégies différentes.

La seconde dimension stratégique ici étudiée concerne le type de problème pour lequel les sujets d'aptitudes différentes utilisent l'heuristique de la règle de 5. On peut penser raisonnablement que les sujets forts utilisent cette heuristique seulement pour les grands problèmes. Les sujets faibles peuvent y avoir

systématiquement recours puisque les petits problèmes présentent aussi une difficulté pour eux ; ou bien ils peuvent ne l'utiliser que sur les petits problèmes. Ce résultat serait compatible avec ceux de Lemaire et Fayol (1995 ; voir aussi Lochy, Seron, Delazer et Butterworth, sous presse ; Krueger, 1986), qui ont trouvé que les adultes utilisent l'heuristique de la règle de parité (analogue à l'heuristique de la règle de 5) uniquement sur les grands problèmes, tandis que les enfants utilisent cette heuristique sur les petits problèmes seulement. Lemaire et Fayol ont interprété ce résultat par le fait que les petits problèmes sont faciles à calculer pour les adultes, ce qui rend peu utile l'utilisation d'un raccourci. Bien sûr, un patron inverse est que les deux groupes utilisent l'heuristique de la règle de cinq sur tous les problèmes. Ces deux derniers patrons suggèrent que l'heuristique de la règle de 5 et l'heuristique de la règle de parité diffèrent par la sensibilité à la taille des problèmes. Finalement, les deux groupes peuvent utiliser la règle de 5 soit sur les grands problèmes, soit sur les petits, montrant qu'il n'y a pas de différences individuelles du point de vue de l'utilisation des stratégies dans chaque groupe de participant.

La troisième dimension stratégique où peuvent se manifester des différences individuelles concerne l'exécution des stratégies. Les sujets forts et faibles peuvent employer l'heuristique de la règle de 5 avec des niveaux d'efficacité différents. Deux résultats peuvent être attendus. Les effets les plus marqués peuvent apparaître pour les sujets forts, car même si les deux groupes utilisent la règle de 5, elle sera déclenchée ou exécutée plus vite chez les sujets forts, leur donnant un avantage. Alternativement, la règle peut être plus favorable aux sujets faibles : ce résultat est possible si les sujets faibles ont plus de difficulté à calculer, rendant le raccourci plus avantageux. Des effets identiques pour les deux groupes suggèrent que les deux groupes utiliseraient l'heuristique de la règle de 5 aussi souvent ou avec la même efficacité.

Finalement, s'il existe des différences dans le choix des stratégies, les effets de la violation de la règle de 5 sur les performances des participants pourraient varier dans chaque groupe en fonction de la proportion de problèmes violant la règle. Le patron observé par Lemaire et Reder, selon lequel les effets de la violation de la règle varient en fonction du taux de problèmes violant la règle (*i.e.* effet plus marqué avec une forte fréquence), pourrait être modulé par les aptitudes des sujets. Les

participants des deux groupes choisiraient leurs stratégies en fonction des fréquences des différents types de problèmes, mais les sujets forts ajusteraient mieux leurs choix stratégiques aux *ratios*. Les sujets faibles, devant allouer plus de ressources cognitives au calcul, seraient entravés dans le repérage des changements des taux et de leur utilité pour s'engager dans l'utilisation de la règle de 5. Enfin, des effets identiques indiqueraient des conduites adaptatives identiques du point de vue de l'utilisation des stratégies.

MÉTHODE

PARTICIPANTS

Quarante étudiants de première année de psychologie à l'Université de Provence (35 femmes et 5 hommes) ont participé volontairement à cette expérimentation. L'âge moyen était de 19 ans 11 mois (étendue de 18 ans 3 mois à 24 ans 7 mois). Les deux groupes « forts » et « faibles » correspondaient aux sujets situés de part et d'autre de la médiane des résultats à une épreuve dérivée du subtest « Numérique, multiplications » de la Batterie factorielle d'aptitudes (Manzienne, 1978). Dans cette épreuve, les sujets devaient résoudre le plus de problèmes possible parmi les 75 proposés en moins de dix minutes. Les problèmes étaient des multiplications de deux nombres à deux chiffres (*e.g.*, 27×49). Le groupe des sujets forts a résolu en moyenne 23 problèmes correctement (écart type = 4,3) et le groupe de sujets faibles a réussi 13 problèmes en moyenne (écart type = 3,2).

STIMULI

Les stimuli étaient des problèmes de multiplication présentés sous une forme standard (*i.e.* $a \times b = c$), a et b étant des opérandes entiers comportant 1 ou 2 chiffres. Deux types de problèmes ont été proposés, appelés problèmes cinq et problèmes non cinq. Les problèmes non cinq ont été utilisés pour permettre la comparaison des temps de réponse avec les problèmes cinq et pour contrôler le niveau moyen en arithmétique de chaque groupe expérimental (soumis à des *ratios* de problèmes *mismatch* différents). Ils comportaient un nombre à un chiffre et un nombre à deux chiffres. Les problèmes cinq comportaient toujours un opérande égal à cinq, l'autre étant un nombre à deux chiffres.

La moitié de ces problèmes était présentée avec un résultat faux (*e.g.*, $12 \times 2 = 31$) et l'autre moitié avec le résultat juste (*e.g.*, $12 \times 2 = 24$). Les opérandes de ces problèmes étaient strictement les mêmes.

TABLEAU I. — Exemples et distribution des 256 problèmes
Examples and distribution of 256 five-rule problems

Problèmes vrais		Problèmes faux			
Petits problèmes	Grands problèmes	Petits problèmes		Grands problèmes	
		Match	Mismatch	Match	Mismatch
<u>Conditions proportions égales</u>					
(N=32) 5 x 11 = 55	(N=32) 5 x 48 = 240	(N=16) 5 x 11 = 60	(N=16) 5 x 13 = 68	(N=16) 5 x 16 = 75	(N=16) 5 x 18 = 97
<u>Conditions C25</u>					
(N=32) 5 x 13 = 65	(N=32) 5 x 46 = 230	(N=8) 5 x 11 = 60	(N=24) 5 x 13 = 62	(N=8) 5 x 16 = 85	(N=24) 5 x 18 = 93
<u>Conditions C75</u>					
(N=32) 5 x 24 = 120	(N=32) 5 x 49 = 245	(N=24) 5 x 13 = 70	(N=8) 5 x 23 = 118	(N=24) 5 x 18 = 95	(N=8) 5 x 28 = 143

Note. Match = Problèmes respectant la règle de cinq ; Mismatch = Problèmes violant la règle de cinq ;
 Conditions proportions égales = Conditions comprenant autant de problèmes violant la règle de cinq que de problèmes respectant la règle de cinq ; Conditions C25 = Conditions comprenant 25% de problèmes respectant la règle de cinq et 75% de problèmes violant la règle de cinq ; Conditions C75 = Conditions comprenant 75% de problèmes violant la règle de cinq et 25% violant la règle de cinq.

Les problèmes justes et faux, se répartissaient en deux catégories en fonction de leur taille : les petits problèmes comportaient des opérands dont le chiffre de l'unité était inférieur à 5, le zéro étant exclu (e.g. 5×44), tandis que les grands problèmes étaient construits à partir d'opérands dont le chiffre de l'unité était supérieur à 5 (e.g. 5×49).

Les problèmes cinq faux respectant la règle de cinq comportaient une réponse située à plus ou moins cinq unités de la réponse correcte (e.g. $5 \times 14 = 75$) ; ceux qui ne respectaient pas la règle de cinq proposaient une réponse située à plus ou moins 3 ou 7 unités de la réponse correcte (e.g. $5 \times 14 = 67$). Il est à noter que les problèmes respectant ou non la règle de cinq étaient présentés avec une réponse qui violait la règle de parité. Pour les problèmes non cinq, les réponses fausses s'écartaient de plus ou moins trois ou sept unités de la bonne réponse, afin de conserver la même amplitude et pour que la violation de la règle de parité soit présente comme pour les problèmes cinq. Le côté de l'opérande à deux chiffres, la taille de la réponse correcte, le sens et l'écart entre la bonne réponse et la réponse proposée ont été contrôlés compte tenu des effets expérimentaux connus dans la littérature (voir Dehaene, 1997 ; Fayol, 1990 ; Geary, 1994 ; pour des synthèses récentes). Un exemple de chaque type de problème est présenté dans le tableau I.

Chaque passation comportait 512 problèmes, 256 problèmes dans la condition dite 50 % et 256 dans la condition *ratio*, plus un ensemble de 80 problèmes complémentaires (40 justes et 40 faux). Les items faux s'écartaient de plus ou moins 10 unités de la réponse correcte (e.g. $6 \times 28 = 178$), ce qui permettait de contrôler l'utilisation d'une stratégie alternative (si l'unité proposée ne correspond pas répondre non, sinon répondre oui).

La condition 50 % comportait la moitié des problèmes cinq faux violant la règle de cinq (problèmes *mismatch*). La condition *ratio* élevé comportait 75 % de problèmes cinq faux violant la règle de cinq. La condition *ratio* faible comportait 25 % de problèmes cinq faux violant la règle de cinq.

PROCÉDURE

Les problèmes ont été présentés en caractères Palatino 48 au centre de l'écran de l'ordinateur. Au début de chaque essai, le mot « prêt » apparaissait à l'écran pendant 500 ms. Les équations étaient présentées horizontalement sous forme $a \times b = c$. Les symboles et caractères étaient espacés de la valeur d'un caractère. L'équation restait à l'écran tant que le sujet n'avait pas répondu. Le temps était enregistré dès l'apparition de l'équation jusqu'au moment où le sujet appuyait sur le bouton (oui ou non) pour indiquer sa réponse. Le logiciel Psyscope (Cohen, Mac Whinney, Flatt et Provost, 1993) a permis d'enregistrer les données à la ms près. Les participants recevaient la consigne d'utiliser leur index gauche ou droit pour répondre, les réponses oui/non étant contrebalancées selon les partici-

pants. Les participants étaient encouragés à aller le plus vite possible tout en faisant le moins d'erreurs possible. Aucune stratégie particulière n'était mentionnée.

Chaque participant a été testé en deux sessions séparées d'une semaine. Avant chaque session, les sujets traitaient 40 items, différents de ceux de l'expérience proprement dite, pour se familiariser avec l'appareil et le procédé de réponse. Pour chacun des *ratios*, les 256 items ont été répartis en deux blocs de 128 problèmes, comportant la même répartition des différents types de problèmes (*e.g.* problèmes cinq et problèmes non cinq). En outre, chacun des deux blocs a strictement respecté la proportion de problèmes mismatch pour les conditions 25 % et 75 %. L'ordre de présentation des deux blocs a été contrebalancé, et les problèmes dans chaque bloc ont été proposés dans un ordre aléatoire différent pour chaque sujet. La condition 50 % a toujours été présentée en premier, suivie de l'une des conditions 25 % ou 75 % à laquelle les sujets ont été assignés au hasard. Les participants ont eu une courte pause entre les blocs. La durée de chaque session était de 30 mn environ.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Pour la clarté de la présentation des résultats et l'étude des comparaisons, nous avons séparé la présentation de l'analyse des problèmes cinq *vs* non cinq de celle portant sur les problèmes cinq faux. Sauf indication contraire, les résultats sont considérés comme significatifs à partir de $p < 0.05$. Nous présentons et discutons les résultats à partir des moyennes pour chaque condition expérimentale. D'une part, aucun outliers (moyenne + 3 écarts-types) n'est apparu. D'autre part, nous avons conduit les mêmes analyses sur les médianes et les conclusions restent inchangées.

VITESSE ET PRÉCISION

POUR LES PROBLÈMES CINQ *VERSUS* NON CINQ

Le but de cette première série d'analyses était de contrôler que : *a* / les participants (forts et faibles) sont plus rapides sur les petits problèmes que sur les grands, et sur les problèmes faux que sur les problèmes justes ; *b* / les deux groupes de participants résolvent les problèmes cinq avec des performances identiques, et *c* / la répartition au hasard des sujets dans les conditions 25 %

et 75 % ne conduise pas à la constitution de deux groupes de sujets différents sur le plan des capacités en arithmétique. Le tableau II présente les performances dans le premier bloc (règle de cinq violée à 50 %) pour les deux groupes de sujets soumis ensuite aux conditions 25 % et 75 %. Les vitesses sur les réponses exactes et les taux de bonnes réponses ont été traités par analyse de la variance selon un plan mixte comprenant le niveau en arithmétique des sujets (faible *vs* fort) comme variable inter-sujet, la condition expérimentale (25 % *vs* 75 %), la justesse de

TABLEAU II. — *Moyennes des temps de réponse (en ms) et des pourcentages d'erreurs (entre parenthèses) pour les problèmes vrai et faux en condition égale en fonction du ratio assigné (25 % vs 75 %)*

Mean reaction times (in ms)
and percent age of errors (in parentheses)
for true and false problems as a Ratio condition

	Condition 25%			Condition 75%		
	Vrai	Faux	Moyenne	Vrai	Faux	Moyenne
1. PARTICIPANTS "FAIBLES"						
<u>Petits problèmes</u>						
Non-cinq	3554 (7.8)	2728 (3.1)	3141 (5.5)	3740 (8.8)	2742 (1.3)	3241 (5.1)
Cinq	3500 (5.3)	2473 (2.8)	2987 (4.1)	3681 (3.8)	2355 (1.9)	3018 (2.9)
Moyenne	3527 (6.6)	2601 (3.0)	3064 (4.8)	3711 (6.3)	2549 (1.6)	3130 (4.0)
<u>Grands problèmes</u>						
Non-cinq	4934 (18.8)	3494 (11.6)	4214 (15.2)	5189 (22.2)	3506 (5.3)	4348 (14.0)
Cinq	4215 (8.8)	2971 (7.2)	3593 (8.0)	4332 (6.3)	3005 (5.0)	3669 (5.7)
Moyenne	4575 (13.8)	3233 (9.4)	3904 (11.6)	4761 (14.3)	3256 (5.2)	4009 (9.9)
2. PARTICIPANTS "FORTS"						
<u>Petits problèmes</u>						
Non-cinq	3172 (5.9)	2067 (2.2)	2620 (4.1)	3358 (7.5)	2077 (1.3)	2718 (4.4)
Cinq	3149 (5.0)	1841 (2.2)	2495 (3.6)	3002 (5.3)	1824 (0.9)	2413 (3.1)
Moyenne	3161 (5.5)	1954 (2.2)	2558 (3.9)	3180 (6.4)	1951 (1.1)	2566 (3.8)
<u>Grands problèmes</u>						
Non-cinq	4214 (12.8)	2622 (3.4)	3418 (8.1)	4641 (10.6)	2739 (2.5)	3690 (6.6)
Cinq	3577 (3.4)	2119 (2.8)	2848 (3.1)	3416 (3.4)	2103 (0.9)	2760 (2.2)
Moyenne	3896 (8.1)	2371 (3.1)	3133 (5.6)	4029 (7.0)	2421 (1.7)	3225 (4.4)

la réponse proposée (juste *vs* faux), la taille du problème (petit *vs* grand) et l'opérande cinq (présence *vs* absence), comme facteurs intra-sujets¹.

Les sujets les plus forts étaient plus rapides que les plus faibles (2 870 ms *vs* 3 526 ms), $F(1,36) = 9,64$, $CMe = 3\,573\,286$. Les problèmes justes étaient traités moins rapidement que les problèmes faux (3 855 ms *vs* 2 542 ms), $F(1,36) = 154,32$, $CMe = 893\,666$. Les grands problèmes étaient vérifiés plus lentement que les petits problèmes (3 567 ms *vs* 2 829 ms), $F(1,36) = 114,97$, $CMe = 379\,195$. Les problèmes cinq étaient traités plus vite que les problèmes non cinq (2 973 ms *vs* 3 424 ms), $F(1,36) = 48,54$, $CMe = 2\,402\,330$. De plus, aucun effet significatif du facteur condition expérimentale n'était observé, ce qui signifie que nos deux groupes en condition 50 % avaient des performances de base comparables.

Plusieurs effets d'interaction étaient intéressants à relever. Les différences entre grands et petits problèmes étaient plus importantes pour les problèmes justes que pour les problèmes faux (920 ms *vs* 556 ms), $F(1,36) = 20,71$, $CMe = 127\,853$. Ceci est probablement dû au fait que les sujets ne calculaient la réponse correcte, avant de la comparer à la réponse proposée, que pour les problèmes justes ; tandis qu'ils rejetaient rapidement les problèmes faux car l'unité ou la dizaine différait de la réponse correcte. L'augmentation des latences était plus marquée pour les grands problèmes justes, engageant la combinaison de grands opérandes (*e.g.* 8×9), pour lesquels le résultat est plus difficile à récupérer en mémoire à long terme que les petits opérandes (*e.g.* 3×4). D'autre part, l'interaction Taille \times Opérande était significative, $F(1,36) = 26,91$, $CMe = 184\,750$: l'accroissement de difficulté pour les grands problèmes était plus marqué sur les problèmes non cinq (il était de 988 ms en moyenne sur ces derniers, contre 489 ms pour les problèmes cinq). Enfin, l'interaction Taille \times Justesse \times Opérande était significative $F(1,36) = 15,51$, $CMe = 73\,142$: l'effet de la taille apparaissait plus important pour les problèmes non cinq, cet effet étant maximal pour les problèmes justes.

1. Une première série d'analyses a été conduite en incluant le facteur « bloc » (*i.e.*, début/fin) pour la comparaison des problèmes cinq et non cinq et pour les analyses restreintes aux problèmes faux. Toutefois, ce facteur n'a eu aucun effet principal et n'interagissait avec aucun autre facteur. C'est pourquoi nous rapportons les analyses écrasant ce facteur.

Les patrons de bonnes réponses allaient dans le même sens que ceux des latences. Les sujets les plus forts faisaient moins d'erreurs que les sujets faibles (4,4 % vs 7,5 %), $F(1,36) = 9,10$, $CMe = 83,71$. L'analyse des effets principaux liés à la Justesse, à l'Opérande et à la Taille montre qu'il y avait plus d'erreurs : avec les problèmes justes (8,5 % vs 3,4 %), $F(1,36) = 45,26$, $CMe = 45,58$; sur les problèmes non cinq (7,8 % vs 4,1 %), $F(1,36) = 45,84$, $CMe = 24,54$; sur les grands problèmes (7,8 % vs 4,1 %), $F(1,36) = 27,51$, $CMe = 40,9$. Plusieurs interactions étaient significatives : entre le niveau en arithmétique et la Taille, $F(1,36) = 12,61$, $CMe = 40,9$. L'effet de la taille était plus marqué chez les sujets faibles (6,3 % vs 1,2 %), chez qui l'on observait une plus forte augmentation du taux d'erreur pour les grands problèmes. L'effet Taille du problème était aussi en interaction avec la Justesse, $F(1,36) = 20,71$, $CMe = 127,853$: l'effet de la taille était plus marqué sur les problèmes justes (4,6 % vs 2,9 %). L'effet taille était également plus marqué avec les problèmes non cinq que les problèmes cinq (6,2 % vs 1,3 %), $F(1,36) = 21,51$, $CMe = 19,14$, en raison de l'accroissement des erreurs sur les grands problèmes non cinq. Enfin, l'interaction Taille \times Justesse \times Opérande est apparue significative, $F(1,36) = 15,89$, $CMe = 12,30$. À l'instar des latences, cette interaction souligne l'effet plus marqué de la taille sur les problèmes non cinq, cet effet étant maximal sur les problèmes vrais. Les autres effets n'étaient pas significatifs.

En résumé, l'analyse des performances sur les problèmes cinq et non cinq, montre des effets simples et des effets d'interaction avec la Taille et la Justesse. Nous avons retrouvé les performances supérieures sur les problèmes cinq, sur les petits problèmes et sur les problèmes faux. Ces effets ont été retrouvés tant chez les sujets forts que faibles, et dans les deux groupes soumis à l'une ou l'autre des conditions expérimentales (*ratios* 25 % vs 75 % de problèmes violant la règle de cinq). Par voie de conséquence, ces deux groupes ont pu être considérés comme équivalents du point de vue des capacités en arithmétique.

VITESSE ET EXACTITUDE POUR LES PROBLÈMES CINQ FAUX

Le but de cette seconde série d'analyses était de : *a* / répliquer le fait que les sujets utilisent l'heuristique de la règle de cinq pour rejeter les problèmes faux ; *b* / déterminer si, pour un sujet donné,

l'effet de la violation de la règle de cinq change en fonction de la proportion de problèmes qui violent la règle de cinq, ainsi que par la taille des problèmes ; c / examiner l'effet de la violation de la règle de cinq en fonction des capacités en arithmétique des sujets.

Le tableau III présente les temps de réponse moyens et le pourcentage d'erreurs pour les problèmes faux. Ces données ont

TABLEAU III. — Moyennes des temps de réponse (en ms) et des pourcentages d'erreurs (entre parenthèses) pour les problèmes cinq dans les conditions égales et inégales (25 % vs 75 %)

Mean reaction times (in ms) and percent errors (in parentheses) for false five problems in equal and unequal ratio blocks

	ÉGALE		INÉGALE	
	C25	C75	C25	C75
I. PARTICIPANTS "FAIBLES"				
<u>Petits problèmes</u>				
Match	2498 (3.8)	2399 (0.6)	1946 (3.3)	1916 (5)
Mismatch	2441 (1.9)	2312 (3.1)	2042 (2.5)	1830 (1.3)
Effet de cinq	57 (1.9)	87 (-2.5)	-96 (0.8)	86 (3.7)
<u>Grands problèmes</u>				
Match	3193 (12.5)	3300 (9.4)	2380 (9.6)	2616 (6.3)
Mismatch	2795 (1.9)	2768 (0.6)	2028 (2.5)	2099 (0.4)
Effet de cinq	398 (10.6)	532 (8.8)	352 (7.1)	517 (5.9)
2. PARTICIPANTS "FORTS"				
<u>Petits problèmes</u>				
Match	1803 (3.1)	1879 (0.6)	1532 (2.5)	1525 (1.3)
Mismatch	1879 (1.3)	1771 (1.3)	1581 (0.0)	1505 (0.4)
Effet de cinq	-76 (1.8)	108 (-0.7)	-49 (2.5)	20 (0.9)
<u>Grands problèmes</u>				
Match	2256 (5)	2177 (1.3)	1749 (1.7)	1882 (3.8)
Mismatch	1990 (0.6)	2032 (0.6)	1649 (0.0)	1651 (0.0)
Effet de cinq	266 (4.4)	145 (0.7)	100 (1.7)	231 (3.8)

Note. C25 : 25% de violation de la règle de cinq ; C75: 75% de violation de la règle de cinq ; Match = Problèmes respectant la règle de cinq ; Mismatch = Problèmes violant la règle de cinq ; Effet de cinq = Problèmes Match – Problèmes Mismatch ; Égale = condition comprenant autant de problèmes cinq faux violant la règle de cinq que de problèmes cinq faux respectant la règle de cinq ; Inégale = condition comprenant un nombre inégal de problèmes violant et respectant la règle de cinq.

été traitées par des ANOVA avec le niveau des capacités en arithmétique des sujets (faible *vs* fort) comme facteur inter-sujet, la condition expérimentale (25 % *vs* 75 %), l'étape de l'expérience (*ratio* de 50 % *vs ratio* de 25 ou de 75 %), la taille du problème (petit *vs* grand) et la violation de la règle de cinq (présence *vs* absence) comme facteurs intra-sujets.

Les sujets forts étaient plus rapides que les sujets faibles (1 804 ms *vs* 2 410 ms), $F(1,36) = 26,61$, $CMe = 1\ 105\ 488$. Les participants étaient plus lents sur le *ratio* 50 % que sur les *ratio* 25 % ou 75 % (2 343 ms *vs* 1 871 ms), $F(1,36) = 89,29$, $CMe = 200\ 183$, et sur les grands problèmes que sur les petits (2 285 ms *vs* 1 929 ms), $F(1,36) = 53,16$, $CMe = 191\ 310$. La violation de la règle de cinq a produit aussi un effet principal, les problèmes violant la règle étant rejetés plus vite (2 023 ms *vs* 2 190 ms), $F(1,36) = 14,39$, $CMe = 155\ 590$.

De façon plus centrale pour notre problématique, plusieurs interactions étaient significatives. L'interaction Taille \times Violation de la règle de cinq, $F(1,36) = 28,13$, $CMe = 64\ 269$, laissait apparaître que seuls les grands problèmes étaient sensibles à l'effet de la règle (318 ms *vs* 17 ms). De plus, l'interaction Condition \times Étape \times Taille \times Violation de la règle de cinq était significative $F(1,36) = 4,19$, $CMe = 96\ 181$, du fait que les effets d'interaction entre Taille et Règle de cinq variaient en fonction de la fréquence où la règle de cinq est violée. Cela réplique les résultats de Lemaire et Reder (1999) : les effets liés à la différence de taille des problèmes et de la règle de cinq allaient dans les sens opposés en passant des *ratios* 50 % à 75 % *versus* de 50 % à 25 %. Pour les grands problèmes, les effets de la règle de cinq passaient de 339 ms dans la condition 50 % à 374 ms pour le *ratio* 75 % ; ils passaient de 332 ms en *ratio* 50 % à 226 ms pour le *ratio* 25 %. Pour les petits problèmes, les différences de temps n'étaient pas significatives. Ce résultat, combiné aux précédents résultats rapportés dans la littérature, montre que les effets de la règle de cinq ne se manifestent que pour les grands problèmes.

Finalement, on relève plusieurs interactions significatives, mettant en jeu les capacités en arithmétique des sujets : Capacités en Arithmétique \times Étape ($F(1,36) = 7,11$, $CMe = 191\ 310$; Capacités en Arithmétique \times Taille ($F(1,36) = 5,80$, $CMe = 191\ 310$), Capacités en Arithmétique \times Taille \times Violation de la règle de cinq ($F(1,36) = 4,15$, $CMe = 64\ 269$, Capacités en

Arithmétique \times Condition \times Étape \times Violation de la règle de cinq $F(1,36) = 9,83$, et Capacités en Arithmétique \times Condition \times Étape \times Taille \times Violation de la règle de cinq ($F(1,36) = 4,14$). La nature de ces interactions a été étudiée en détail par des analyses en sous-plans permettant de tester les effets conditionnels. Les performances de chaque groupe de participants ont été traitées par des analyses de la variance selon le plan Condition \times Étape \times Taille \times Violation de la règle de cinq.

Plusieurs effets sont apparus significatifs chez les sujets forts : Condition, $F(1,18) = 24,40$, $CMe = 188\ 730$; Taille du problème, $F(1,18) = 21,45$, $CMe = 106\ 343$; Violation de la règle de cinq, $F(1,18) = 4,42$, $CMe = 84\ 064$; Taille \times Violation de la règle de cinq, $F(1,18) = 6,58$, $CMe = 52\ 082$, et Condition \times Étape \times Taille \times Violation de la règle de cinq, $F(1,18) = 4,50$, $CMe = 56\ 072$. Cette dernière interaction s'explique par l'accroissement de l'effet de la règle de cinq en passant à la condition 75 % et par une diminution de cet effet pour la condition 25 %, sur les grands problèmes uniquement.

En ce qui concerne les sujets faibles, les effets significatifs ont été trouvés pour l'Étape, $F(1,18) = 69,41$, $CMe = 211\ 635$; la Taille ($F(1,18) = 35,56$, $CMe = 276\ 276$; la violation de la règle de cinq, $F(1,18) = 10,28$, $CMe = 227\ 115$, et Taille \times Violation de la règle de cinq, $F(1,18) = 22,65$, $CMe = 86\ 779$. Comme l'indiquent les résultats consignés dans le tableau III, les effets de la règle de cinq étaient identiques sur les trois *ratios* (50 %, 25 % et 75 %), pour les grands problèmes. Les interactions critiques (*i.e.*, Condition \times Étape \times Violation de la règle de cinq et Condition \times Étape \times Taille \times Violation de la règle de cinq) n'étaient pas significatives ($F < 1$).

Au niveau des taux d'erreurs, des patrons identiques sont apparus. Les effets étaient significatifs pour la capacité en Arithmétique, $F(1,36) = 8,32$, $CMe = 63,86$; la Règle de cinq, $F(1,36) = 25,04$, $CMe = 32,79$; la Taille, $F(1,36) = 5,90$, $CMe = 30,88$; l'interaction Capacité en Arithmétique \times Règle de cinq, $F(1,36) = 4,30$, $CMe = 32,79$; Taille \times Règle de cinq, $F(1,36) = 17,08$, $CMe = 21,36$; Capacité en Arithmétique \times Taille \times Règle de cinq, $F(1,36) = 7,40$, $CMe = 21,36$; et Condition \times Étape \times Taille \times Règle de cinq, $F(1,36) = 3,97$, $CMe = 13,99$.

Les analyses des effets conditionnels sur les erreurs montrent également des patrons similaires à ceux des latences. Pour les sujets les plus forts, on observe des effets significatifs pour

l'Étape ($F(1,18) = 6,52$, $CMe = 1,66$), la Règle de cinq ($F(1,18) = 10,57$, $CMe = 13,31$) et l'interaction Condition \times Étape \times Règle de cinq ($F(1,18) = 5,18$, $CMe = 5,35$). Pour les sujets faibles, les effets étaient significatifs pour la Règle de cinq ($F(1,18) = 15,71$, $CMe = 52,26$), la Taille ($F(1,18) = 6,21$, $CMe = 47,24$), les interactions Taille \times Règle de cinq ($F(1,18) = 18,49$) et Étape \times Taille \times Règle de cinq, $F(1,18) = 5,01$, $CMe = 16,99$. Les autres effets n'étaient pas significatifs.

En résumé, l'analyse des performances des participants sur les problèmes cinq faux a révélé que : 1 / l'utilisation de la règle de cinq pour rejeter les problèmes faux est robuste ; 2 / l'usage de la règle de cinq est affecté par les capacités en arithmétique des sujets, la taille des problèmes et la proportion de problèmes violant la règle de cinq. Les différences entre les sujets forts et faibles ne se trouvent pas seulement dans l'utilisation des stratégies mais dans l'utilisation adéquate des stratégies (*i.e.* les sujets les plus forts repéraient davantage l'intérêt d'utiliser une stratégie en fonction des *ratios*).

DISCUSSION GÉNÉRALE

Les résultats de cette expérience sont clairs. Ils répliquent le résultat général selon lequel la sélection des stratégies en arithmétique varie en fonction des taux dans les différents types de problèmes. Les données montrent aussi que l'ajustement dans l'utilisation des stratégies est fonction des capacités des sujets en arithmétique, et que des différences individuelles s'observent au niveau de plusieurs aspects stratégiques. Ces résultats ont des implications importantes pour comprendre les variables qui influencent l'utilisation des stratégies en arithmétique, ainsi que l'origine des différences individuelles en arithmétique et, plus généralement, sur l'ensemble des activités cognitives. Chacun de ces points fait l'objet d'une discussion.

COMPRENDRE LES DÉTERMINANTS DE LA SÉLECTION STRATÉGIQUE EN ARITHMÉTIQUE

Lemaire et Reder (1999) ont défendu l'idée selon laquelle deux types de variables affectent la sélection des stratégies en

arithmétique, l'une concernant les caractéristiques des problèmes (dite variables intrinsèques), l'autre les caractéristiques de la tâche (dite variables extrinsèques). Les caractéristiques des problèmes reflètent les traits spécifiques à un problème, comme par exemple le fait de violer certaines règles arithmétiques (*e.g.*, règle de parité ou règle de cinq), la taille des problèmes, la parité des opérands. Les caractéristiques des tâches (ou variables extrinsèques) font référence au contexte des problèmes, comme la proportion des différents types de problèmes, ou aux demandes explicites de la tâche comme la nécessité de répondre vite et/ou sans faire d'erreurs. La présente recherche suggère qu'il y a une troisième source de variation, à savoir les différences interindividuelles, ici étudiées en comparant des sujets faibles et forts en arithmétique.

Les variables intrinsèques (*i.e.* aspects ou propriétés des problèmes) ont affecté les performances des participants dans cette expérience. Les problèmes faux violant la règle de cinq étaient rejetés plus vite que les problèmes faux respectant la règle de cinq, exactement comme dans les données rapportées par Lemaire et Reder (1999). Ce résultat suggère que les participants utilisent une stratégie avec arrêt anticipé quand ils trouvent rapidement une violation de la règle (voir Geary *et al.*, 1986 ; 1989 ; Widaman *et al.*, 1989, pour une argumentation allant dans le même sens). En d'autres termes, c'est uniquement sur les problèmes justes que les participants effectuent la totalité du calcul avant de répondre. Sur les problèmes faux, ils répondent dès qu'ils repèrent une inadéquation entre le chiffre correct et la réponse proposée. À cette étape du traitement de l'information, si le chiffre des unités proposé viole la règle de cinq, les participants peuvent rejeter les inégalités rapidement. Si le chiffre respecte la règle de cinq ils doivent poursuivre le calcul pour trouver l'erreur.

Les facteurs extrinsèques (*i.e.*, le contexte dans lequel chaque problème est présenté) se sont également révélés être une source de variation dans les performances arithmétiques. La tendance à repérer la violation de la règle de cinq a été influencée par la proportion des problèmes violant la règle. Comme dans l'étude de Lemaire et Reder, les effets de violation de la règle de cinq s'accroissent quand on passe de la condition 50 % de problèmes violant la règle à la condition 75 %, et diminuent lorsque ce taux passe à 25 %. Comme cela a été discuté par Lemaire et Reder, cet

effet du *ratio* peut être compris par l'intérêt que les participants ont à utiliser la règle de cinq quand la proportion de problèmes qui violent la règle augmente. Ainsi, les participants ont tendance à davantage utiliser cette heuristique si la fréquence des problèmes traités avec succès par cette stratégie de court-circuitage s'accroît. Cette tendance à adapter l'utilisation de cette heuristique a été observée dans d'autres domaines (e.g. Reder, 1987 ; Lovett et Anderson, 1996 ; Reder et Schunn, sous presse).

Les effets de la violation de la règle de cinq, et les changements dans l'amplitude de ces effets en fonction du *ratio* des problèmes violant la règle de cinq, répliquent les résultats de Lemaire et Reder. Le nouveau résultat de cette recherche est que les effets de la violation de la règle de cinq se produisent seulement sur les grands problèmes. Cela confirme que l'heuristique de la règle de cinq produit des effets de la même catégorie que ceux qui montrent que les participants utilisent différentes heuristiques pour rejeter les problèmes faux. Par exemple, il a aussi été montré que l'effet de parité est affecté par la taille ou le type de problèmes (Krueger, 1986 ; Lemaire et Fayol, 1995 ; Lemaire et Reder, 1999 ; Lochy *et al.*, sous presse).

Sur les petits problèmes, les opérands sont encodés et traités rapidement et les combinaisons arithmétiques rapidement retrouvées. Les sujets peuvent rapidement voir quand le chiffre des unités de la réponse proposée ne coïncide pas avec celui de la réponse calculée. La violation de la règle de cinq n'est pas aussi utile pour émettre une réponse oui/non rapidement. Les plus grands opérands sont encodés et traités plus lentement et les valeurs arithmétiques plus difficiles à retrouver. Cela laisse plus de temps pour détecter que la règle de cinq est violée sur les grands problèmes et rend alors cette stratégie plus attractive. L'heuristique de la règle de cinq est donc plus utile pour rejeter des problèmes faux comprenant des grands nombres. Une autre possibilité est que les participants estiment rapidement s'il est plus facile de faire le calcul ou au contraire de trouver une heuristique qui permette de rejeter rapidement la réponse proposée. Sur un plan plus général, la présente étude suggère que, étant donné que l'effet de la violation de la parité et de la règle de cinq sont affectées par le même type de variables, elles peuvent être utilisées avec profit pour repérer quelles sont les variables qui affectent la sélection des stratégies dans les problèmes de vérification arithmétique.

COMPRENDRE LES DIFFÉRENCES INDIVIDUELLES
DANS LE CHOIX DES STRATÉGIES

Lemaire et Siegler (1995) ont distingué quatre aspects stratégiques fondamentaux pour la compréhension de la cognition humaine. Pour chacune des activités cognitives, il s'agit de déterminer : *a* / Quelles sont les stratégies utilisées ? *b* / Avec quelle fréquence les stratégies sont-elles utilisées ? *c* / Comment les stratégies sont-elles exécutées ? et *d* / Quel est le caractère adaptatif dans le choix des stratégies ? La présente étude a permis d'observer des différences individuelles au niveau des deux dernières dimensions (*i.e.*, exécution et sélection stratégiques).

La première dimension sur laquelle les sujets de capacités différentes se distinguent est l'exécution des stratégies. Sur les grands problèmes, la règle de cinq a eu des effets plus marqués chez les sujets les plus faibles, tant sur les latences que l'exactitude. Ce résultat ne nous permet pas de conclure que les sujets forts contrôlent mieux l'utilisation de la stratégie règle de cinq. Il est possible qu'il y ait plus d'occasions d'utiliser cette règle avec profit pour les sujets faibles, sachant qu'ils sont généralement plus lents que les sujets forts. En effet, il est vraisemblable qu'il soit plus facile pour les sujets les plus forts de calculer les solutions. Dans ce contexte, la vérification de la règle de cinq présente un intérêt limité. L'alternative possible est que les sujets faibles soient plus portés et plus efficaces à utiliser la vérification de la règle de cinq. Étant donné que les groupes ne sont pas aussi rapides à traiter les problèmes arithmétiques, les présentes données ne permettent pas de choisir entre ces deux termes de l'alternative.

Le résultat le plus intéressant de cette expérience concerne la différence entre les sujets faibles et forts au niveau de la sélection stratégique. Cela est apparu au niveau des effets inégaux des *ratios* sur les performances. Seuls, lorsqu'ils résolvaient des problèmes de grande taille, les sujets forts ont été sensibles aux proportions de problèmes violant/respectant la règle de cinq quand ces proportions changeaient. La stratégie de vérification de la règle de cinq était plus et moins utilisée en fonction des taux de violation. Cette différence de sensibilité au contexte expérimental ne peut être due à une moindre capacité des sujets faibles dans la résolution des problèmes cinq ou dans l'utilisation de l'heuristique de la règle de cinq. En effet, les sujets faibles

(comme les sujets forts) résolvait mieux les problèmes cinq que les problèmes non cinq. De plus, les effets de la violation de la règle de cinq étaient présents sur les grands problèmes pour les deux groupes. Bien que les sujets faibles aient rejeté plus rapidement les problèmes violant la règle de cinq, la différence entre les types de problèmes montre des effets plus marqués de la violation de la règle de cinq pour les sujets faibles. Ce résultat nous contraint à écarter l'hypothèse selon laquelle les individus faibles sont moins compétents à utiliser la règle de cinq. Les effets de la violation de la règle de cinq sont de même amplitude pour les participants faibles, dans les diverses conditions de *ratios*.

Il est concevable que ces sujets faibles soient trop préoccupés par les processus de traitement des problèmes arithmétiques (*e.g.*, encodage, calcul, comparaison) pour noter les différences de taux et, du coup, ajuster leurs choix stratégiques. Ces résultats suggèrent que les participants diffèrent dans l'adaptation de leurs choix stratégiques. Cette conclusion n'a jamais été établie pour l'utilisation des stratégies en arithmétique chez l'adulte. Ainsi, l'intérêt fondamental de ces résultats est qu'ils montrent qu'au-delà des différences d'aptitudes, les participants diffèrent dans leur capacité à changer de stratégie en fonction de l'environnement. Soulignons que les différences dans le caractère adaptatif des choix stratégiques ne sont pas spécifiques au domaine de l'arithmétique ici testé. Cela est également apparu dans des domaines non scolaires, comme l'ont par exemple établi Reder et Schunn (sous presse) dans une tâche de contrôle du trafic aérien.

Dans la présente recherche, il y a deux dimensions sur lesquelles les sujets de capacités différentes ne sont pas différenciés. D'une part, tous les sujets ont été sensibles à l'effet de la violation de la règle de cinq. Tous les sujets ont donc utilisé la stratégie de vérification de la règle des cinq (*i.e.*, pas de différence de répertoire stratégique à ce niveau). D'autre part, les deux groupes ont été sensibles à la règle de cinq seulement pour les grands problèmes. Cela suggère que pour les deux groupes les petits problèmes sont si faciles que la règle de cinq est inutile (*i.e.*, pas de différence au niveau de la distribution stratégique pour les problèmes ici testés).

Cela ne signifie pas que des différences individuelles ne se manifestent pas au niveau du répertoire et de la distribution stratégique. Au contraire, en arithmétique, mais aussi dans d'autres domaines de la cognition humaine, des études précédentes ont montré des différences individuelles dans le type de stratégies uti-

lisées et au niveau de la distribution de ces stratégies. Ainsi par exemple, en 1988, Siegler a publié une étude sur la résolution d'additions, de multiplications et l'identification de mots. Il a distingué trois groupes de sujets, qu'il a dénommés les perfectionnistes, les bons élèves et les moins bons. Les différences entre ces enfants portent sur le recours à des stratégies de récupération depuis la mémoire à long terme *versus* des stratégies avec aide externe (comme le comptage). Les bons élèves utilisent la récupération plus souvent, plus vite et plus précisément que les moins bons. Les perfectionnistes sont aussi de bons élèves, mais recourent moins à la récupération, en raison du manque de confiance en leur résultat. Comme autre exemple arithmétique, Siegler et Lemaire (1997 ; voir aussi Siegler, Adolph, et Lemaire, 1997) ont observé que les sujets les plus âgés qui ont une expérience dans l'emploi d'une calculette tendaient à utiliser le calcul mental sur des problèmes simples et la calculette sur des problèmes plus complexes (cf. Lefevre et Kulack, 1994 ; LeFevre, Kulak, et Bizanz, 1991, pour d'autres recherches portant sur la source des différences individuelles en arithmétique ; Lovett et Anderson, 1996, pour la résolution de problèmes).

Pour conclure, la présente recherche apporte une contribution à la connaissance des sources des différences individuelles en arithmétique et plus généralement en cognition. Les différences individuelles ne sont pas seulement liées aux différences de stratégies utilisées, mais aussi à la sensibilité de la stratégie la plus appropriée en fonction des contextes, et à la capacité à s'adapter pour employer la stratégie la plus adéquate.

RÉSUMÉ

Cette recherche porte sur l'étude des différences individuelles dans l'emploi et l'exécution d'une heuristique en arithmétique. L'heuristique de la règle de 5 consiste à rejeter les équations multiplicatives comportant 5 comme multiplicande et dont le résultat se termine ni par 0 ni par 5 (e.g., $5 \times 14 = 73$). Les résultats montrent que : 1 / La règle de 5 est utilisée, par tous les sujets, mais sur les problèmes complexes ; 2 / L'efficacité de l'utilisation de l'heuristique, et l'adaptation des choix stratégiques aux conditions expérimentales sont affectées par les compétences en arithmétique. La discussion considère les implications, du point de vue de la compréhension des effets de certaines variables expérimentales et des différences individuelles sur l'utilisation des stratégies.

Mots-clés : arithmétique, stratégies, heuristiques, différences individuelles.

BIBLIOGRAPHIE

- Allen P. A., Ashcraft M. A., Weber T. A. — (1992) On mental multiplication and Age, *Psychology and Aging*, 7, 536-545.
- Anderson J. R., Reder L. M., Lebiere C. — (1996) Working memory : Activation limitations on retrieval, *Cognitive Psychology*, 30, 221-256.
- Ashcraft M. H. — (1992) Cognitive arithmetic : A review of data and theory, *Cognition*, 44, 75-106.
- Carroll J. B. — (1993) *Human cognitive abilities*, Cambridge, University Press.
- Cohen J. D., MacWhiney B., Flatt M., Provost J. — (1993) PsyScope : An interactive graphic system for designing and controlling experiments in the psychology laboratory using Macintosh computers, *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, 25, 257-271.
- Collins A. — (1978) Fragments of a theory of human plausible reasoning, in D. L. Waltz (Edit.), *Theoretical issues in natural language processing*, Urbana-Champaign (IL), University of Illinois.
- Dehaene S. — (1997) *The number sense*, New York, Oxford University Press.
- Fayol M. — (1990) *L'enfant et le nombre*, Lausanne, Delachaux & Niestlé.
- Donley R. D., Ashcraft M. H. — (1992) The methodology of testing naive beliefs in the physics classroom, *Memory Cognition*, 20, 381-391.
- Geary D. C. — (1994) *Children's mathematical development*, Washington, (DC), American Psychological Association.
- Geary D. C., Burlingham-Dubree M. — (1989) External validation of the strategy choice model for addition, *Journal of Experimental Child Psychology*, 47, 175-192.
- Geary D. C., Widaman K. F., Little T. D. — (1986) Cognitive addition and multiplication : Evidence for a single memory network, *Memory Cognition*, 14, 478-487.
- Gigerenzer G., Todd P., The ABC Research Group — (1999) *Simple heuristics that make us smart*, New York, Oxford University Press.
- Gilles P.-Y. — (1994) Stratégie analogique ou propositionnelle : vers un style cognitif ? in M. Huteau (Édit.), *Les techniques psychologiques d'évaluation des personnes*, Issy-les-Moulineaux, EAP, coll. « Sciences humaines », p. 97-100.
- Glucksberg S., McCloskey M. — (1981) Decision about ignorance : Knowing that you don't know, *Journal of Experimental Psychology : Human Learning and Memory*, 7, 311-325.
- Hasher L., Zacks R. T. — (1979) Automatic and effortful processes in memory, *Journal of Experimental Psychology*, 108, 356-388.
- Jacoby L. L., Dallas M. — (1981) On the relationship between autobiographical memory and perceptual learning, *Journal of Experimental Psychology : General*, 110, 306-340.
- Jensen A. R. — (1990) Speed of information processing in a calculating prodigy, *Intelligence*, 14, 259-274.
- Just M. A., Carpenter P. A. — (1992) A capacity theory of comprehension : Individual differences in working memory, *Psychological Review*, 99, 122-149.
- Kail R. — (1988) Development functions for speeds of cognitive processes, *Journal of Experimental Child Psychology*, 45, 339-364.
- Krueger L. E. — (1986) Why $2 \times 2 = 5$ looks so wrong : On the odd-even rule in product verification, *Memory Cognition*, 14, 141-149.

- LeFevre J., Kulak A. G. — (1994) Individual differences in the obligatory activation of addition facts, *Memory Cognition*, 22(2), 189-200.
- LeFevre J., Kulak A. G., Bisanz J. — (1991) Individual differences and developmental change in the associative relations among numbers, *Journal of Experimental Child Psychology*, 52, 256-274.
- LeFevre J., Sadesky G. S., Bisanz J. — (1996 a) Selection of procedures in mental addition : Reassessing the problem-size effect in adults, *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 22, 216-230.
- Lemaire P., Bernoussi M. — (1991) Arithmétique cognitive élémentaire : processus, développement et différence, *L'Année Psychologique*, 91, 419-438.
- Lemaire P., Fayol M. — (1995) When plausibility supersedes fact retrieval : The example of odd-even effect in product verification, *Memory Cognition*, 23, 34-48.
- Lemaire P., Masse C. — (1997) En quoi la cognition numérique est-elle intéressante pour la compréhension de la cognition humaine ? *Revue de Psychologie de l'Éducation*, 3, 45-66.
- Lemaire P., Reder L. — (1999) What affects strategy selection in arithmetic ? The example of parity and five effects on product verification, *Memory Cognition*, 27(2), 364-382.
- Lemaire P., Siegler R. S. — (1995) Four aspects of strategic change : Contributions to children's learning of multiplication. *Journal of Experimental Psychology : General*, 124, 83-97.
- Lemaire P., Abdi H., Fayol M. — (1996) The role of working memory resources in simple cognitive arithmetic, *European Journal of Cognitive Psychology*, 8, 73-103.
- Lemaire P., Lecacheur M., Farioli F. — (2000) Children's strategy use in computational estimation, *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 54 (2), 141-148.
- Lemaire P., Barrett S. E., Fayol M., Abdi H. — (1994) Automatic activation of addition and multiplication facts in elementary school children, *Journal of Experimental Child Psychology*, 57, 224-258.
- Lochy A., Seron X., Delazer M., Butterworth B. — (sous presse) The odd/even effect in multiplications : Parity rule or familiarity with even numbers ?, *Memory Cognition*.
- Lovett M. C., Anderson J. R. — (1996) History of success and current context in problem solving : Combined influences on operator selection, *Cognitive Psychology*, 31, 168-217.
- Mandler G. — (1980) The judgement of previous occurrence, *Psychological Review*, 87, 252-271.
- Manzionne J. M. — (1978) *Batterie Factorielle d'Aptitudes*, Issy-les-Moulineaux, Éditions et Applications psychologiques.
- Masse C., Lemaire P. (sous presse) Do people combine the parity- and five-rule checking strategies in product verification ?, *Psychological Research*.
- McGilly K., Siegler R. S. — (1990) The influence of encoding and strategic knowledge on children's choices among serial recall strategies, *Developmental Psychology*, 26, 931-941.
- Newell A., Simon H. A. — (1972) *Human problem solving*, Englewood Cliffs (NJ), Prentice Hall.
- Norman D. A. — (1973) Memory, knowledge, and the answering of questions, in R. L. Solso (Edit.), *Contemporary issues in cognitive psychology : The Loyola Symposium*, Washington (DC), Winston.

- Pelham B. W., Sumarta T. T., Myaskovsky L. — (1994) The easy path from many to much : The numerosity heuristic, *Cognitive Psychology*, 26, 103-133.
- Reder L. M. — (1982) Plausibility judgments versus fact retrieval : Alternative strategies for sentence verification, *Psychological Review*, 89, 250-280.
- Reder L. M. — (1987) Strategy selection in question answering, *Cognitive Psychology*, 19, 90-137.
- Reder L. M. — (1988) Strategic control of retrieval strategies, in G. Bower (Edit.), *The psychology of learning and motivation*, vol. 22, New York, Academic Press, p. 227-259.
- Reder L. M., Ritter F. E. — (1992) What determines initial feeling of knowing ? Familiarity with question terms, not with the answer, *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 18, 435-451.
- Reder L. M., Schunn C. D. — (1996) Metacognition does not imply awareness : Strategy choice is governed by implicit learning and memory, in L. M. Reder (Edit.), *Implicit memory and metacognition*, Mahwah (NJ), Erlbaum, 45-78.
- Reder L. M., Schunn C. D. — (sous presse) Bringing together the psychometric and strategy worlds : Predicting adaptativity in a dynamic task, in D. Gopher et A. Koriat (Edit.), *Cognitive regulation of performance : Interaction of theory and application, Attention and Performance, XVII*.
- Reder L. M., Wible C., Martin J. — (1986) Differential memory changes with age : Exact retrieval versus plausible inference, *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 12(1), 72-81.
- Reuchlin M. — (1978) Processus vicariants et différences individuelles, *Journal de Psychologie*, 2, 133-145.
- Salthouse T. A. — (1994) How many causes are there of aging-related decrements in cognitive functioning ? *Developmental Review*, 14, 413-437.
- Schunn C. D., Reder L. M., Nhouyvanisvong A., Richards D. R., Stroffolino P. J. — (1997) To calculate or not : A source activation confusion model of problem familiarity's role in strategy selection, *Journal of Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 23, 3-29.
- Siegler R. S. — (1988) Individual differences in strategy choices : Good students, not-so-good students, and perfectionists, *Child Development*, 59, 833-851.
- Siegler R. S., Lemaire P. — (1997) Older and younger adult's strategy choices in multiplication : testing predictions of ASCM using the choice/no-choice method, *Journal of Experimental Psychology : General*, 126, 71-92.
- Siegler R. S., Shrager J. — (1984) Strategy choices in addition and subtraction : How do children know what to do ?, in C. Sophian (Edit.), *Origins of cognitive skills*, Hillsdale, (NJ), Erlbaum, 229-293.
- Siegler R. S., Adolph K., Lemaire P. — (1997) Strategy choices across lifespan, in L. M. Reder (Edit.), *Implicit memory and metacognition*, Mahwah (NJ), LEA, 79-122.
- Smith E. E., Shoben E. J., Rips L. J. — (1974) Structure and process in semantic decisions, *Psychological Review*, 84, 214-241.
- Widaman K. F., Geary D. C., Cormier P., Little T. D. — (1989) A componential model for mental addition, *Journal of Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 15, 898-919.

(Accepté le 29 février 2000.)