

POURQUOI LES ELEVES ASIATIQUES SURCLASSENT-ILS LES AMERICAINS (EN MATHS) ?

J.P. FISCHER

Recent studies show large cross-cultural differences in mathematics achievement as early as first grade of school. Asian children (Japan, Taiwan, and Korea) surpass their American counterparts. The author reviews the findings, analyses the factors, and draws some conclusions for numerical cognition and learning.

La comparaison internationale de Husén (1967) avait déjà, entre autres, mis en évidence, une supériorité des élèves japonais sur leurs homologues américains en mathématiques. Mais cette comparaison portait exclusivement sur des élèves du secondaire, à deux niveaux de la scolarité: le premier à l'âge de 13 ans, le deuxième à la fin des études secondaires.

Des comparaisons récentes portant essentiellement sur l'école primaire complètent et étendent l'étude de Husén. L'issue de ces comparaisons - à savoir la supériorité asiatique - était certes suggérée, mais non impliquée, par l'étude de Husén. En outre, et surtout, une étude portant sur l'école primaire présente, pour la comparaison Japon-E.-U., l'avantage d'éviter le dédoublement du système scolaire dû aux *juku*.⁽¹⁾

En effet, les *juku*, dont les publicités tapageuses couvrent les murs des villes, constituent un réseau parallèle et parasitaire. Or les *juku*, qui devaient, en principe, préparer aux examens d'entrée à l'université, concernent beaucoup plus le secondaire que le primaire, même s'ils ont étendu leur influence jusqu'à la dernière année de cette dernière⁽²⁾. On a pu estimer ainsi que, dans certaines villes, 80% des élèves de la dernière classe du primaire allaient dans un *juku* (Leclercq, 1984).

(1) On désigne sous ce terme, qui signifie littéralement lieu pour apprendre, des centres où sont donnés des cours supplémentaires de préparation aux examens. A Taiwan, les *buxiban* pourraient jouer un rôle analogue aux *juku* japonais.

(2) Au Japon l'école primaire s'étend sur 6 ans. L'âge d'entrée des élèves, à savoir 6 ans, est à peu près le même dans tous les pays comparés dans cet article (sauf en Suède).

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

En conséquence, et dans la mesure où les *juku* usent de méthodes pédagogiques visant avant tout la réussite immédiate aux examens, nous évitons aussi en grande partie l'opposition qualitative bien connue: imitation de modèles, mémorisation de connaissances, etc... du côté japonais, spontanéité, créativité, compréhension des connaissances, etc... du côté américain. Une telle opposition semble en effet beaucoup mieux s'appliquer à l'école secondaire (collèges et surtout lycées) qu'à l'école primaire. Par exemple, à propos de l'école primaire japonaise, Leclercq (p. 56) écrit:

« Il est fréquent que l'école primaire soit bien un lieu d'épanouissement de la personnalité de l'enfant grâce à une pédagogie qui laisse libre cours à la vitalité et à la fantaisie du jeune âge en réduisant au minimum les contraintes de la discipline. La place faite dans les programmes à l'éducation musicale et artistique contribue largement à instaurer l'ambiance détendue dans laquelle les enfants semblent apprendre avec plaisir et sans contrainte excessive. On peut aussi souvent constater qu'est respectée la démarche pédagogique pour entraîner les moins bons avec les meilleurs et éviter les redoublements de classe. »

Enfin, un autre avantage de l'école primaire provient du fait que les sujets qui y sont traités sont plus élémentaires. Il en résulte en effet que les processus cognitifs impliqués devraient être plus simples et mieux connus chez les plus jeunes élèves. D'éventuelles différences cognitives seront donc plus faciles à détecter et à analyser dans le primaire que dans le secondaire. D'ailleurs Husén étudiait surtout des variables générales comme l'âge d'entrée à l'école, le nombre d'élèves par classe, le sexe, etc ...

Pour ce qui concerne ces éventuelles différences, nous interpréterons assez longuement (partie 3 de l'article) la seule différence authentiquement cognitive que nous croyons avoir repérée dans la littérature examinée. Mais au préalable (partie 2) nous décrirons plusieurs recherches qui ont étudié des causes spécifiques possibles de cette supériorité asiatique.

Mais venons-en maintenant (partie 1) aux preuves de la supériorité elles-mêmes. En effet, cette supériorité ne manque pas de soulever certaines questions intrigantes. Par exemple, pourquoi les Etats-Unis, qui ont incontestablement plus de psychologues titulaires d'un doctorat (et dont une bonne partie s'intéresse à l'éducation: cf. Rosenzweig & Sinha, 1988) que tout le reste du monde, voient-ils leurs élèves surclassés par les "petits" coréens, chinois ou japonais ?

1. LES PREUVES DE LA SUPERIORITE ASIATIQUE

Dans la présentation du livre édité par Stevenson, Azuma et Hakuta (1986), le critique de la revue *Science* - l'une des deux revues scientifiques multidisciplinaires les plus diffusées au monde - souligne que les élèves japonais surpassent à un degré impressionnant leurs homologues américains en mathématiques. Bien qu'il ne fasse aucune réserve d'ordre méthodologique, nous voudrions préciser la supériorité asiatique dans cette première partie. Non seulement quantitativement, mais aussi qualitativement: Quels tests a-t-on utilisés ? Quels élèves a-t-on interrogés ? En effet, sa netteté et sa généralité conditionnent la suite de cette contribution puisque, si elles s'avéraient fragiles ou restreintes, les analyses causales de la partie 2 et, a fortiori, nos interprétations plus théoriques de la partie 3, seraient beaucoup moins justifiées.

1.1. La recherche principale

La recherche principale qui a mis en évidence la supériorité asiatique en mathématiques dès l'école primaire est décrite le plus complètement dans Stigler, Lee, Lucker et Stevenson (1982). Cette recherche est aussi résumée dans - ou sert de point de départ à - plusieurs autres articles de Stevenson et de ses collaborateurs. En fait, ce que nous appelons ici recherche principale n'est qu'une partie d'un projet plus vaste qui portait d'ailleurs essentiellement sur la lecture. Mais comme c'est en mathématiques que les résultats - à savoir les déficiences des élèves américains principalement - ont été les plus nets, les mathématiques ont davantage retenu l'attention des chercheurs et des revues. Nous ne détaillons ici que la comparaison en mathématiques en 1ère et 5ème année, mais nous ferons néanmoins référence aux résultats en maternelle⁽¹⁾, ainsi qu'à ceux sur le langage pour, précisément, souligner les contrastes avec ceux de mathématiques.

La population expérimentale. La population testée est constituée par 480 élèves chinois de Taipei (Taiwan), 480 élèves japonais de Sendai (Japon) et 480 élèves de Minneapolis (Etats-Unis). Pour chaque pays, les 240 x 2 élèves proviennent de deux niveaux scolaires.

(1) Nous utiliserons, dans tout ce texte, l'appellation française *maternelle*, plutôt que la traduction *jardin d'enfants* du terme anglais *Kindergarten*.

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

res: les 1ère et 5ème année de l'école primaire. Les 240 élèves d'un même pays et du même niveau scolaire proviennent de 20 classes, elles-mêmes issues de 10 (13 aux E.-U.) écoles différentes et implantées dans les villes concernées.

Ces dernières ont été choisies, entre autres, parce qu'elles étaient de taille comparable. Dans chacune des 20 classes, 12 élèves ont été retenus pour être soumis au test: 4 forts, 4 moyens et 4 faibles, les filles et les garçons étant représentés de manière égale. Précisons aussi que les élèves en difficulté, qui sont dans des écoles spécialisées aux Etats-Unis, ont été éliminés au Japon et à Taiwan sur la base d'un test spécifique.

La construction du test. A cause des biais culturels, dont les auteurs de la recherche avaient tout à fait conscience, l'élaboration du test a fait l'objet d'attentions particulières. Dans chacune des villes, la collection de manuels la plus répandue a été sélectionnée pour repérer, à une 1/2 année près, les moments d'introduction des différents concepts et habiletés qui constituent le programme de l'enseignement primaire. Cette analyse a, secondairement, fait apparaître que les programmes japonais étaient plus avancés que les programmes américains, mais que ces derniers étaient eux-mêmes, quoique moins nettement, plus avancés que ceux de Taiwan. Ceci est à retenir pour la suite. Après cette analyse comparative des manuels scolaires, 70 items ont été retenus pour le test. En général, ces items concernent bien entendu des concepts et habiletés introduits dans les trois pays, mais 8 items font cependant exception car ils portent sur des sujets qui ne sont introduits que dans deux des trois pays. Les 70 items ont alors été rangés d'après l'ordre moyen (moyenne des trois, ou éventuellement deux, pays) d'introduction scolaire des sujets sur lesquels ils portent. L'item correspondant au sujet le plus précocement introduit porte le numéro 1, celui correspondant au sujet le plus tardivement introduit le numéro 70.

Les items. Donnons d'abord quelques exemples d'items.

Item 16: $17 - 4 =$

Item 19: Il y avait 9 maisons dans une rangée. La maison de Suzanne était la 3 à partir de la gauche. Laquelle était-elle à partir de la droite ?

Item 21: $8 - 6 + 7 =$

Item 47: $102,9 + 56 =$

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

Bien que la méthode de construction du test n'exclue nullement la géométrie ou la mesure, le choix de nos exemples suggère - et un commentaire de Stevenson, Lee et Stigler (1986) ne fait que renforcer ce point de vue⁽¹⁾ - que la partie numérique a été prépondérante dans le test.

Mais un autre exemple d'item dans lequel on représente un pavé rectangulaire rempli avec $3 \times 3 \times 2$ cubes-unités et pour lequel il faut préciser le nombre de cubes-unités, montre que la géométrie, ou la mesure, n'était pas totalement absente. De plus, comme la partie numérique constitue de loin la partie la plus importante des programmes primaires, il ne semble pas que le manque de généralité soit un point à retenir dans la discussion des résultats de cette recherche principale. D'ailleurs, Stigler (1988) signale l'existence de résultats non encore publiés montrant une supériorité japonaise dans à peu près tous les domaines reliés aux mathématiques: problèmes originaux, estimation, visualisation, calcul mental complexe, connaissances conceptuelles à propos des mathématiques, etc ...

La passation. La passation est suffisamment originale, et intéressante en elle-même, pour être décrite avec quelque précision. Les élèves qui ont été soumis individuellement au test, environ 6 mois après le début de l'année scolaire, se sont vu proposer en premier l'item n°1 en 1ère année, et l'item n°35 en 5ème année avec, à ce dernier niveau de la scolarité, une possibilité de retour à des items antérieurs en cas d'échec initial aux items 35 à 38. Les items étaient ensuite proposés par ordre croissant, et le test arrêté en cas d'échec à 4 items consécutifs. Le score d'un élève est le numéro du dernier item qu'il a réussi⁽¹⁾.

Les résultats. La comparaison filles-garçons n'ayant pas conduit à des différences significatives, et l'écart-type des scores ne semblant rien révéler de particulier non plus, nous rapportons simplement, dans le tableau 1 de la page suivante, les moyennes en fonction du pays et du niveau de la scolarité.

(1) Pour décrire les 70 items, Stevenson, Lee et Stigler (p. 693) précisent que : « Certains items ne nécessitaient que du calcul, alors que d'autres nécessitaient l'application de principes mathématiques à des problèmes-histoires » (*story problems*).

(1) L'attribution du score n'est pas claire: Stigler et al. (1982, p.320) parlent du nombre total d'items qu'a "passés" l'élève. En outre, la procédure d'arrêt du test rapportée dans Stevenson, Lee et Stigler (1986 p.693) n'est pas la bonne (Stigler, communication personnelle). Nous rapportons ici la procédure d'arrêt (correcte) décrite dans Stigler et al.

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

pays année	Etat-Unis	Taiwan	Japon
1ère	17,1	21,2	20,1
5ème	44,4	50,8	53,3

Tableau 1: Comparaison des scores moyens dans les 3 pays
(d'après Stevenson, Lee & Stigler, 1986 table 1 p.695)

Le résultat le plus net qui apparaît sur ce tableau est que les E.-U. sont derrière les deux autres pays. En effet, tant en 1ère qu'en 5ème année, les élèves américains ont le score moyen le plus faible, alors que la première place revient une fois à Taiwan et une fois au Japon.

La différence entre pays est hautement significative pour chacun des deux niveaux de la scolarité ($p < .001$). De plus, et surtout, les scores des élèves américains sont significativement inférieurs à ceux des élèves taiwanais et à ceux des élèves japonais ($p < .01$). Stevenson, Lee et Stigler ont aussi analysé ces scores en respectant la structure classe. Bien entendu, la supériorité asiatique se retrouve aussi dans les représentations graphiques qui résultent de cette analyse (voir p.694). Mais ce qui est surtout frappant dans cette analyse, et apparaît le mieux sur la figure présentée dans Stevenson et al. (1986, p.205), c'est le contraste Japon-E.-U. en 5ème année: toutes les 20 classes japonaises se situent au-dessus des classes américaines, i.e. la classe japonaise la plus "médiocre" a été plus performante que la classe américaine la plus "brillante" !

Quelques observations complémentaires. En maternelle, les enfants américains se sont déjà montrés inférieurs (en mathématiques) aux japonais, mais se situent à la hauteur des enfants taiwanais.

Egalement, le graphique incluant les maternelles suggère que la supériorité asiatique augmente avec le niveau scolaire (Stevenson, Lee et Stigler, p.694).

Enfin, notons que les résultats sont en accord avec un constat de Husén (1967), à savoir qu'un faible effectif de classe ne conduit pas à des performances supérieures. En effet, le nombre moyen d'élèves par classe a été, dans la présente recherche, de 47 à Taiwan et de 39 au Japon, contre seulement 21 aux E.-U.

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

1.2. Les études complémentaires

1.2.1. Extension aux Coréens

Song et Ginsburg (1987) ont étendu la comparaison à un troisième pays asiatique: la Corée (du Sud). Ils ont utilisé un test standard - le TEMA (Test of Early Mathematical Ability) - mesurant à la fois les pensées mathématiques formelle et informelle. Le test de Stigler et al. (1982), nous l'avons souligné, n'est pas purement numérique; en revanche, celui de Song et Ginsburg, semble bien l'être. En effet, les items proposés à des enfants ou élèves de 4 à 8 ans, étaient: grandeur relative (des nombres), comptage et calcul, pour les mathématiques informelles; connaissances conventionnelles (lecture et écriture des nombres), faits numériques (addition, soustraction et multiplication), calculs écrits (addition et soustraction), concepts de base dix, pour les mathématiques formelles.

Outre ce manque de généralité, la construction de l'échantillon des 315 sujets coréens testés soulève également quelques réserves: alors que les 538 sujets américains qui leur sont comparés, ainsi que les 67+68 enfants coréens de 4 et 5 ans, sont à peu près représentatifs du paysage socio-économique de leur pays respectif, les 60+60+60 élèves coréens de 6, 7 et 8 ans, sont plutôt défavorisés sur le plan socio-économique. Cependant, comme ce biais éventuel n'a guère pu qu'atténuer le résultat principal (néanmoins significatif) obtenu, cela n'est pas trop gênant.

Les items du TEMA ont été administrés par ordre (présumé) de difficulté croissante. En conséquence, une procédure d'arrêt du test analogue à celle de Stigler et al. (1982) a pu être appliquée. Le score d'un élève est alors, pour cette épreuve, le nombre d'items qu'il a réussi.

Les résultats, pour les élèves de 7 et 8 ans confirment tout à fait la supériorité asiatique trouvée par Stigler et al. au niveau de la 1ère (et de la 5ème) année: les élèves coréens ont été significativement supérieurs aux américains ($p < .01$ pour le moins). Par contre, au niveau des 4, 5 et 6 ans, soit il n'y a pas de différence significative (mathématiques formelles), soit il y a une supériorité américaine (mathématiques informelles). Ceci affine incontestablement l'observation de la non-différence entre enfants américains et taiwanais, au niveau de la maternelle, trouvée par Stigler et al. De manière générale, le pattern de résultats trouvé attire l'attention sur le fait que c'est pour les mathématiques typiquement scolaires que l'on trouve une supériorité coréenne. Il étend par là l'observation

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

que les élèves (et non les enfants) asiatiques sont supérieurs à leurs homologues américains aux premières années d'école. Certes, la "démonstration" de Song et Ginsburg ne concerne que le domaine numérique, mais, d'une part et encore une fois, celui-ci est prépondérant dans les premiers apprentissages scolaires, d'autre part et surtout, Song et Ginsburg ont pris soin de contrôler que ce ne sont pas exclusivement les connaissances mécaniques (tables de multiplication par exemple) qui sont la source de cette supériorité.

Une autre recherche (Miura, Kim, Chang & Okamoto, 1988) permet d'illustrer la supériorité coréenne en 1ère année d'école, mais concerne plus généralement les 3 pays asiatiques ici en question.

Cette recherche porte sur la représentation des nombres et inclut un test beaucoup plus ponctuel que le TEMA de Song et Ginsburg. Ceci, avec le fait que les enfants testés sont plutôt de milieu favorisé, explique peut-être la divergence, au niveau des plus jeunes enfants, avec les résultats de Song et Ginsburg.

Miura et al. ont comparé des Coréens de 1ère année et de maternelle⁽¹⁾, à des élèves taiwanais, japonais, et américains de 1ère année. Ils demandaient à leurs jeunes sujets de construire les nombres 11, 13, 28, 30 et 42. Pour ce faire, les élèves avaient des cubes-unités et des barres de dix unités à leur disposition. Après une première construction, l'expérimentateur incitait l'élève à en trouver une autre, essentiellement différente. S'intéressant à la représentation des nombres, Miura et al. insistent surtout, dans la présentation des résultats, sur la différence de stratégie: les élèves américains privilégient les constructions avec exclusivement des cubes-unités (ce qui correspond à une représentation du nombre par comptage un par un), alors que les asiatiques de 1ère année privilégient les représentations par groupes, canoniques le plus souvent (par exemple, pour 42, 4 barres et 2 cubes-unités) ou non (par exemple, pour 42, 3 barres et 12 cubes-unités).

Mais pour la comparaison de performances entre pays, ce sont les réussites elles-mêmes qu'il nous faut regarder. Si l'on définit une réussite (complète) à ce test comme la construction de deux collections essentiellement différentes pour chacun des 5 nombres proposés, les résultats montrent alors des réussites coréennes très nettement supérieures aux

(1) La présence d'un groupe maternelle d'enfants coréens s'explique en partie par le fait que, au moment de l'expérience, les élèves coréens de 1ère année étaient légèrement et en moyenne plus âgés que les élèves de 1ère année qui leur sont comparés (à cause de l'année scolaire coréenne qui commence en mars).

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

réussites américaines. En effet, 98% (39 sur 40) des élèves coréens de 1ère année ont réussi le test, contre seulement 13% (3 sur 24) des américains, les chinois (76%) et japonais (79%) se situant à des places intermédiaires mais avec des pourcentages quand même plus proches de ceux des Coréens que de ceux des Américains. Et la comparaison en maternelle ne fait que renforcer cette supériorité coréenne: 100% (20 sur 20) des enfants coréens de maternelle ont en effet réussi le test !

1.2.2. Extension aux asiatiques américains

Les élèves d'origine asiatique ont souvent de bonnes performances scolaires (en maths) dans les pays où leurs familles ont pu émigrer. Tsang (1984) l'a souligné dans la conclusion de sa revue de recherches. Nous nous limiterons donc à deux recherches plus récentes, dont l'une - Miura (1987) - sera facile à résumer puisqu'elle utilise la même méthodologie et le même test que la recherche de Miura et al. (1988) que nous venons de décrire. Commençons donc par elle.

Les sujets asiatiques, de 7 ans en moyenne, étaient cette fois-ci 21 élèves, asiatiques américains, fréquentant une "école du samedi" à San Francisco. Ces élèves parlaient, de manière prédominante, le japonais dans leur famille. Au moment de leur interrogation, ils se répartissaient sur deux niveaux scolaires américains: les 1ère et 2ème année d'école⁽¹⁾. Les élèves américains (non d'origine asiatique) qui leur ont été comparés fréquentaient un lycée privé de la péninsule de San Francisco. Cette école, précise Miura, pratiquait un examen d'entrée et appliquait les programmes avec rigueur.

L'analyse des résultats a conduit Miura à observer la même différence de stratégie que dans l'expérience précédemment rapportée: les américains de souche privilégient les constructions du nombre avec, exclusivement, des cubes-unités, alors que les américains japonais préfèrent les constructions utilisant aussi des barres de dix. Egalement, **les américains japonais sont arrivés plus souvent - 4,14 fois (sur 5 maximum possible) en moyenne, contre seulement 3, 25 fois aux américains de souche - aux**

(1) Les "écoles du samedi" sont fréquentées par des enfants dont les parents, japonais, envisagent de retourner au Japon. Elles sont partiellement financées par le Ministère japonais de l'Education et ont pour but d'apprendre aux élèves à lire et à écrire les caractères japonais complexes. L'âge d'entrée respecte celui de l'année scolaire japonaise qui débute en avril: ceci explique pourquoi les 21 élèves se répartissaient sur 2 niveaux scolaires américains. Et aussi pourquoi, interrogés en octobre, ils avaient, en fait, une expérience scolaire en moyenne à peu près comparable à celles des américains interrogés en février, en 1ère année d'école.

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

deux représentations du nombre, essentiellement différentes, demandées dans le test. Notons toutefois que ce résultat n'est que faiblement significatif: $p=.10$.

Nous compléterons cette étude ponctuelle de Miura par une étude beaucoup plus générale. Elle a en effet porté sur quelques 28000 élèves des écoles publiques de Montgomery County (Maryland). Cette étude a permis de comparer les élèves américains asiatiques, blancs (non hispaniques), hispaniques, et noirs. Ses auteurs ont relevé les élèves en-dessous du niveau standard de leur niveau de scolarité à un test de mathématiques non clairement précisé par Norman (1988) qui résume et commente l'étude. De la 3ème à la 6ème année scolaire, à laquelle s'arrête le graphique présenté par Norman, on peut voir que les américains asiatiques sont les moins en difficulté. La différence avec les américains blancs est certes faible. Mais celle avec les américains hispaniques, et encore davantage celle avec les américains noirs, est importante. Cette étude ayant suscité des critiques de lecteurs, précisons encore que ces critiques ne concernent pas la hiérarchie que nous venons de rapporter. Elles concernent principalement l'accroissement de la différence et ses facteurs, et la différence entre sexes qui est aussi commentée par Norman.

1.3. Conclusions

A l'issue de cette première partie, que conclure: la supériorité asiatique, parfois effectivement impressionnante, est-elle réelle ? les pratiques pédagogiques, scolaires ou parentales, qui y conduisent n'ont-elles pas aussi de conséquences négatives ?

1.3.1. La supériorité est-elle réelle ?

Nous avons pu faire, en cours de présentation des recherches, l'une ou l'autre réserve méthodologique. Par exemple, le fait que le test proposé par Song et Ginsburg (1987) soit exclusivement numérique. Nous pouvons en faire d'autres. Par exemple et notamment le non-contrôle, dans aucune recherche nous semble-t-il, des Temps de Réponse (TR). De plus, et ceci ne fait que renforcer le bien-fondé de notre réserve, le fait que les passations des tests soient faites par des expérimentateurs différents dans les cultures comparées, empêche même un contrôle "grossier" des temps de réponse. Ce

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

non-contrôle permet alors d'envisager un possible artefact. En effet, si l'on fait l'hypothèse que les Asiatiques sont plus réfléchis, ou plus perfectionnistes au sens de Siegler (1988), cela expliquerait bien leurs performances supérieures lorsque le temps n'est pas contrôlé. Et Stigler, interrogé sur ce point, a confirmé cette différence de personnalité. Une analyse récente a ainsi mis en évidence des différences significatives entre Asiatiques et Américains dans le nombre d'items abordés versus résolus correctement: les américains ont abordé plus d'items, mais ont eu beaucoup moins de réussites dans les items abordés (Stigler, communication personnelle). Néanmoins, il convient de remarquer qu'un tel comportement de réponse pourrait lui-même être une conséquence de la pédagogie des maîtres. Stigler (1988; voir aussi le paragraphe 2.2.2) souligne par exemple que les maîtres japonais ne "bousculent" pas leurs élèves: on peut donc penser que cela s'est répercuté sur le mode de réponse (réfléchi, posé, ..) des élèves japonais aux tests. D'ailleurs, Huteau (1987), bien qu'il consacre un paragraphe aux études interculturelles, ne rapporte aucune recherche sur le style cognitif asiatique, au moyen de tests de Dépendance-Indépendance du Champ, qui pourrait étayer une différence de personnalité d'origine génétique. Nous pensons donc que le non-contrôle des temps de réponse, même s'il a pu contribuer à la supériorité asiatique, ne doit pas être vu comme un artefact. En outre, ces résultats obtenus au primaire semblent en parfaite continuité avec ceux du secondaire. En effet, toutes les observations, au niveau du secondaire, convergent pour dire que les élèves asiatiques sont nettement plus performants que les américains, que ce soient les comparaisons "anciennes" de Husén (1967), ou des comparaisons plus récentes. Par exemple, celle de la *National Science Foundation*, qui montre que 40% des enfants coréens de treize ans sont capables de résoudre un problème mathématique exigeant un raisonnement à deux étapes, contre 9% des américains (cf. Amdler, 1989). Ou aussi, celle de Hanna (1989) qui montre que les élèves japonais, en algèbre du moins, sont en tête des 20 nations comparées⁽¹⁾.

(1) Cette recherche inclut Hong Kong et la Thaïlande dont les élèves ne sont guère, ou pas, plus performants que ceux des E.-U.: il convient donc de restreindre le mot asiatique, que nous utilisons constamment dans ce texte, aux trois pays sur lesquels portent les observations au niveau du primaire: Japon, Taiwan et Corée.

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

1.3.2. Des conséquences négatives ?

Comme on peut s'en douter, et comme nous le verrons dans le paragraphe 2.2.1 suivant, les performances des élèves asiatiques en mathématiques sont certainement le résultat d'un travail quantitativement important. Si ce travail est alors effectué sous la pression conjuguée des maîtres et des parents, ne conduit-il pas à un rejet affectif de cette discipline ? Pour les étudiants plus âgés, l'étude de Husén avait répondu que non. Pour les jeunes élèves, qui nous intéressent ici, Hatano (1982) a rapporté deux études: l'une, qui remonte à 1958 il est vrai, montre qu'à tous les niveaux du primaire les mathématiques sont en 1ère ou 2ème position dans l'ordre des matières préférées; l'autre, plus récente (1975), montre qu'en 3ème année d'école les mathématiques sont la matière préférée, après l'athlétisme. Dans les présentes recherches de Stevenson et coll., les élèves de 1ère et 5ème année ont été amenés à juger, sur une échelle à 5 points, leur "amour pour les maths": la figure résultante présentée par Uttal, Lummis et Stevenson (1988 p.341) ne suggère pas un "amour" plus grand chez les élèves américains.

Une autre réserve bien connue concerne le prix à payer pour ces performances initiales: ne se font-elles pas aux dépens de la créativité et aux dépens de la formation d'un "bon" esprit scientifique ? Après tout, les E.-U. ont, et continueront certainement à avoir, plus de prix Nobel et de médailles Fields que le Japon, Taiwan et la Corée !

Song et Ginsburg ont, nous l'avons vu, insisté sur le fait que la supériorité asiatique, coréenne dans leur cas, ne venait pas uniquement de connaissances mécaniques. A propos des élèves japonais, chinois et américains, Stigler, Lee et Stevenson (1987 p.1285) commentent également:

« Il est évident, pour l'observateur fortuit aussi bien qu'à travers ces données, que les classes élémentaires chinoises et japonaises ne sont pas des situations routinisées et mécanisées où les enfants sont tendus et craintifs. Plutôt, les enfants apparurent de bonne humeur et sensibles dans tous les trois pays ».

Néanmoins, des items de créativité ou de pensée divergente ne semblent pas avoir été inclus dans les tests. Ni même des situations-problèmes où l'initiative de l'élève doit être plus importante: recherche de l'information, information superflue, etc... En conséquence, les études statistiques que nous rapportons ici n'offrent pas de réponse expérimentale à cette question. Mais, d'une part, l'étude de Husén en avait suggéré une: il existe aux E.-U. une élite scolaire dont les performances sont tout à fait comparables à celles des

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

élites des autres pays; d'autre part, l'observation plus informelle d'Easley (1983) est tout à fait rassurante. A l'issue d'un séjour dans une école élémentaire du Japon, il émet en effet le souhait « *que la vaste majorité d'enfants américains de l'école primaire puissent, par l'application de telles méthodes (= les méthodes qu'il a observées au Japon), acquérir un enthousiasme pour - et une confiance dans - la discussion de leurs propres idées mathématiques lors de la résolution de problèmes et du développement de concepts* » (p.14). Certes, Easley n'ayant observé qu'une école, on peut redouter que son observation soit trop partielle, voire biaisée: on pourrait lui avoir montré une école exemplaire ! Néanmoins, les observations statistiques comparatives des interactions mères-enfants de Hess et al. (1986) suggèrent, de manière générale, que le recours à l'autorité est beaucoup plus un trait caractéristique de l'éducation américaine que de l'éducation japonaise.

2. LES CAUSES

Pour structurer cette partie, nous avons choisi une classification dichotomique: nous présentons d'abord les "causes", a priori possibles mais qui, c'est du moins le point de vue que nous soutiendrons, ne nous paraissent pas les plus importantes, voire sont fausses; ensuite, nous présenterons celles qui nous paraissent les plus importantes. De plus, dans chacun des deux paragraphes ainsi distingués, nous analyserons, un par un, les différents facteurs explicatifs que nous avons cru entrevoir.

2.1. Les facteurs peu importants

2.1.1. L'intelligence générale

Lynn (1982) a publié, dans une revue scientifique très diffusée, une étude montrant que la différence de Quotient Intellectuel (QI) entre Japonais et Américains s'est accrue depuis le début du siècle. De plus, comme il a trouvé que cet accroissement se retrouve déjà à 6 ans, il a suggéré que le facteur explicatif n'est pas éducatif. Selon lui, l'accroissement s'expliquerait plutôt par le progrès en santé et nutrition, au Japon, dans les décennies du milieu du siècle. Si ceci peut expliquer le fait que la différence s'est accrue,

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

en revanche cela n'explique pas pourquoi le QI des Japonais est supérieur à celui des Américains. Mais ce qu'il faut surtout noter, à propos de la suggestion de Lynn, c'est qu'elle limiterait singulièrement les conséquences que l'on peut tirer de la démonstration de la supériorité des élèves asiatiques, japonais en tout cas. Si nous voulons donc faire des commentaires éducatifs, il faut montrer au préalable que les observations et interprétations de Lynn ne sont pas convaincantes.

Pour ce faire, nous pouvons formuler deux types de réserves méthodologiques. Le premier est particulier et concerne l'étude de Lynn elle-même: elle a en effet fait l'objet de critiques portant, notamment, sur l'échantillon japonais trop urbain. Lynn, répondant à - et tenant compte de - ces critiques, a recalculé le QI japonais: la nouvelle valeur avancée (≈ 104 contre ≈ 111 antérieurement) est en sérieuse baisse et fait disparaître la disparité croissante entre Japon et E.-U. Mais, souligne Lynn, elle reste néanmoins significativement supérieure à celle du QI américain (100). Le second est général et concerne le QI: on peut en effet d'une part contester sa validité, d'autre part son appropriation pour comparer des groupes non homogènes culturellement (voir Flieller, 1989, pour une discussion récente de ces problèmes).

Les résultats empiriques de Stevenson et al. (1985) confortent d'ailleurs ces critiques méthodologiques. En effet, des tests généraux, spécialement construits en vue de la comparaison des élèves japonais, taiwanais, et américains, ne mettent pas en évidence des capacités cognitives générales supérieures chez les enfants asiatiques. Seule une remarquable supériorité des jeunes chinois à un test de mémoire des nombres (*digit-span*) retient l'attention. Elle a d'ailleurs été trouvée par Chen et Stevenson (1988) chez les enfants de 4 ans déjà. Mais cette supériorité peut s'expliquer par une particularité linguistique des mots de nombres chinois. Pour comprendre cette explication, rappelons que le *digit-span* est censé mesurer l'empan de la mémoire à court terme. Mais des modèles récents comme celui de Schweickert et Buroff (1986) suggèrent que c'est la durée de la trace verbale, estimée à environ 1,5 ou 2 secondes, qui est constante, et non pas le nombre de chiffres que nous pouvons rappeler immédiatement. Dans le cadre d'un tel modèle, la plus courte durée de prononciation des chiffres en chinois explique alors parfaitement la robuste supériorité des jeunes chinois.

Outre ces remarques générales, nous pouvons en faire deux autres plus spécifiquement adaptées à la présente analyse:

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

a) Lynn a observé que ce sont particulièrement les capacités spatiales qui conduisent à la supériorité du QI japonais qu'il a observée et n'a d'ailleurs pas inclus le sub-test (verbal) arithmétique dans son calcul du QI. Or, nous avons remarqué, dans la partie précédente, que les tests utilisés dans la comparaison Asie-E.-U. étaient de manière prépondérante de nature arithmétique. En conséquence, le QI ne semble pas expliquer directement la supériorité asiatique, même si, conformément à son "esprit", on peut soupçonner le QI d'exercer son influence de manière générale ou indirecte.

b) Si le QI des Coréens est aussi supérieur à celui des Américains (s'il ne l'est pas il faut de toute manière trouver une autre explication !), comment expliquer la supériorité américaine trouvée par Song et Ginsburg (1987), pour les mathématiques informelles, chez les enfants de maternelle ? De manière plus générale on peut remarquer aussi que le QI explique mal que la supériorité asiatique se manifeste, principalement, dans les items de type scolaire et en mathématiques.

2.1.2. La précocité des apprentissages

Dans la société asiatique, où la hiérarchie et l'esprit de compétition restent importants (cf., par exemple, Strom, Park & Daniels, 1987 pour la Corée), il se pourrait d'une part que la famille prépare l'enfant à la compétition scolaire, d'autre part que la société prépare l'élève à la compétition économique. Cela pourrait alors se traduire respectivement par des apprentissages familiaux bien avant l'entrée à l'école, et par des programmes en avance sur les programmes américains.

L'idée que les enfants acquerraient beaucoup de connaissances, informellement, avant le début de l'école primaire, et auraient ainsi de meilleures bases en entrant à l'école, est donc une hypothèse plausible. Elle l'est d'autant plus que les mères japonaises disent profiter de toutes les opportunités appropriées pour enseigner, avant la 1ère année d'école, les habiletés numériques à leurs enfants (cf. Hatano, 1982, qui réfère cependant à une recherche plus ancienne); ou encore, que les écoles Montessori⁽¹⁾ se sont développées en Asie, à Taiwan en tout cas (Bauch & Hsu, 1988). Ginsburg, qui fut l'un des premiers à soutenir l'importance de ces connaissances informelles en arithmétique

(1) Nous rappelons que l'arithmétique est l'une des quatre branches du *quadrige triomphant* (Montessori, 1926 p.252 et ss) et que, dans le cadre de ce dernier, les enfants de cinq ans et, en tout cas, ceux de six, pouvaient mémoriser la formule du cube d'un quadrinôme !

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

(Ginsburg, 1977), et qui en est toujours un admirateur (cf. son avant-propos de Baroody, 1987), était certainement l'un des mieux placés pour la formuler. Sa conclusion négative, avec Song, que nous avons rapportée précédemment, n'en prend donc que plus de valeur.

Néanmoins, ses recherches portent sur des enfants coréens et la particularité du bilinguisme numérique coréen (voir suite) constitue certainement pour eux un désavantage dans le développement de l'arithmétique informelle. D'ailleurs les Japonais de maternelle ont été trouvés supérieurs aux Américains (Stevenson et al., 1986), et les Chinois de 4, 5 et 6 ans ont des performances supérieures en comptage (Miller et Stigler, 1987; voir aussi le paragraphe 2.2.3). Nous n'écartons donc pas le fait que, en général, les connaissances informelles acquises avant l'école primaire par les jeunes japonais et chinois puissent être supérieures, mais l'observation de Song et Ginsburg (1987) sur les jeunes coréens suggère qu'elles ne sont pas indispensables pour expliquer la supériorité asiatique.

Quant à la compétition entre pays, il se pourrait que les programmes asiatiques soient en avance, et donc que la supériorité asiatique soit le simple reflet de cette avance. Nous avons vu (paragraphe 1.1) que, de fait, les programmes japonais étaient plus ambitieux que ceux des E.-U. Mais comme, en même temps, il est apparu que ceux de Taiwan le sont plutôt moins, on voit que cette explication n'est pas essentielle puisque les élèves taiwanais ont aussi des performances supérieures aux américains. Même dans le cas d'une comparaison Japon-E.-U., Stevenson et al. (1986) argumentent que ce ne sont pas les programmes plus avancés qui sont essentiellement à l'origine de la supériorité japonaise. En effet, il se trouve que les notions sous-jacentes aux items 35 à 38, auxquels tous les élèves de 5^{ème} année de la recherche de Stigler et al. (1982) ont été soumis, sont introduites plus tôt aux E.-U. qu'au Japon. Et 36,1% des élèves japonais ont réussi l'ensemble de ces 4 items, contre seulement 7,3% des américains !

En conclusion, nous dirons donc que la précocité des apprentissages n'est pas le point le plus critique dans l'explication de la supériorité asiatique.

2.1.3. Une pratique culturelle : l'abaque

La manière dont les enfants apprennent à calculer doit certainement différer suivant les cultures. Mais ce phénomène général pourrait être particulièrement accentué dans le cas

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

de la comparaison Asie-E.-U. (ou aussi d'une comparaison Asie-Europe) du fait de l'entraînement systématique des écoliers au calcul avec abaque. L'abaque le plus largement utilisé aujourd'hui est l'abaque japonais, ou *soroban*.

Le *soroban* est un cadre en bois qui sert de support à 23 colonnes de perles. Il permet la représentation des nombres dans un système de numération de base dix. Chaque colonne est affectée à une puissance de dix. La colonne des unités est choisie arbitrairement par l'utilisateur. La colonne immédiatement à gauche de celle des unités devient alors la colonne des dizaines; celle immédiatement à gauche des dizaines devient la colonne des centaines; et ainsi de suite. Chaque colonne est divisée en deux par une barre horizontale: la partie supérieure contient une perle, et la partie inférieure 4.

Une perle supérieure vaut 5 fois la valeur unitaire de sa colonne (par exemple, dans la colonne des unités elle vaut 5, dans celle des dizaines, 50, etc ...) si elle a été poussée (vers le bas) sur la barre horizontale, et 0 si elle en a été écartée (vers le haut). Chaque perle inférieure vaut la valeur unitaire de sa colonne (par exemple, un dans la colonne des unités, dix dans celle des dizaines, etc ...) si elle a été poussée (vers le haut) sur la barre horizontale, et 0 si elle en a été écartée (vers le bas). Ainsi, nous avons représenté 9 081 726 354 sur le *soroban* dont les colonnes intéressantes sont dessinées ci-après:

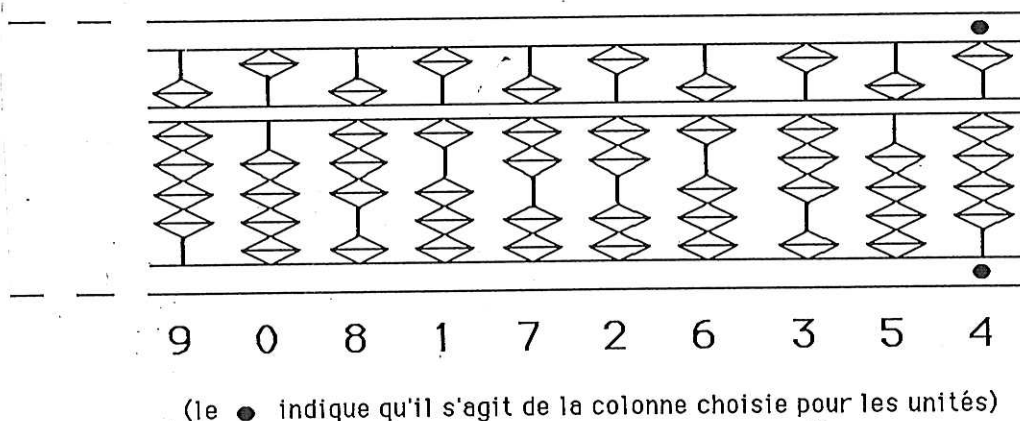


Figure 1 : Représentation de 9 081 726 354 sur un *soroban*

Pour additionner deux nombres, on représente le premier et on lui ajoute, colonne par colonne, les perles de la représentation du second. Même sans entrer dans les détails de la procédure, on entrevoit facilement le rôle que vont jouer les compléments à 5 (pour les retenues intra-colonnes) et à 10 (pour les retenues inter-colonnes).

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

Il va sans dire qu'une pratique importante du *soroban* peut avoir des effets non seulement quantitatifs, mais aussi qualitatifs sur les procédures de calcul mental. Par exemple, Stigler (1984) a montré que les élèves chinois (Taiwan) de 5ème année, experts en *soroban*, utilisaient un "abaque mental", i.e. une représentation imagée de l'abaque matériel. D'ailleurs, il existe même quelques preuves neuropsychologiques en faveur d'une spécialisation hémisphérique inhabituelle des experts en *soroban* : ils utiliseraient davantage l'hémisphère droit en calcul (Hatta & Ikeda, 1988).

Néanmoins, en dépit de l'importance de cette pratique culturelle, il convient de remarquer que le *soroban* :

- a) n'est en général introduit à l'école qu'en 3ème et 4ème année, voire en 5ème et 6ème année en Corée, alors que la supériorité asiatique existe déjà en 1ère année d'école;
- b) ne concerne directement que l'exécution des opérations arithmétiques et, indirectement, leur compréhension, ainsi que celle de la numération de base et de position, alors que la supériorité asiatique porte aussi sur le raisonnement ou la résolution de problèmes;
- c) ne "bénéficie" que d'un total horaire (scolaire) réduit: 8 heures en 3ème année et 2 heures en 4ème année au Japon.

En conséquence, l'utilisation des abaques ne nous paraît pas un facteur directement responsable de la supériorité asiatique. Indirectement, bien sûr, il se pourrait que cette pratique culturelle ait des conséquences importantes. Nous pensons notamment à l'intérêt des élèves pour le calcul: au Japon, 5 millions d'entre eux apprennent le *soroban* en dehors de l'école ! Et aussi aux pratiques des maîtres. En effet, même si ces derniers n'enseignent pas le *soroban* aux niveaux élémentaires (maternelle, 1ère ou 2ème année), il se pourrait quand même que leur enseignement soit influencé par lui. Par exemple, le rôle particulier des groupes de 5 dans la pratique du *soroban* n'est peut-être pas sans lien avec le fait que deux chercheurs japonais ont trouvé que 5 est un nombre d'ancrage privilégié chez des enfants japonais en fin de maternelle (Yoshida & Kuriyama, 1986). Et l'importance des groupes de dix n'est probablement pas étrangère non plus au fait qu'au Japon on apprend le passage de la dizaine, contrairement à ce qui se passe en général aux E.-U., et, qu'en conséquence, il y a moins de comptages dans les additions et soustractions (Fuson, 1988).

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

2.2. Les facteurs plus importants

2.2.1. La quantité de travail

La quantité de travail scolaire est l'addition du travail à l'école et du travail (sur les sujets scolaires) à la maison. L'issue de la comparaison est sans ambiguïté, puisque ces deux types de travail occupent, chacun, un volume horaire plus important chez les élèves asiatiques. Essayons de donner quelques précisions quantitatives.

Le travail à l'école. Pour les élèves japonais⁽¹⁾, le volume horaire de mathématiques durant une année scolaire est considérablement plus important que pour les élèves américains. D'après nos estimations, il serait environ 2,4 fois celui des américains en 1^{ère} année, et 2 fois en 5^{ème} année !

Ceci provient de deux facteurs qui multiplient leurs effets:

- a) Le temps total passé à l'école est plus important au Japon: d'une part, parce que la semaine comporte 5 jours 1/2 (contre seulement 5), d'autre part parce que l'année scolaire dure 240 jours (contre 178 seulement).
- b) Dans la répartition entre matières, la proportion de mathématiques est plus importante au Japon.

Pour illustrer ce point, nous avons reproduit-adapté, dans la figure 2 ci-après, les histogrammes présentés par Stevenson et al. (1986).

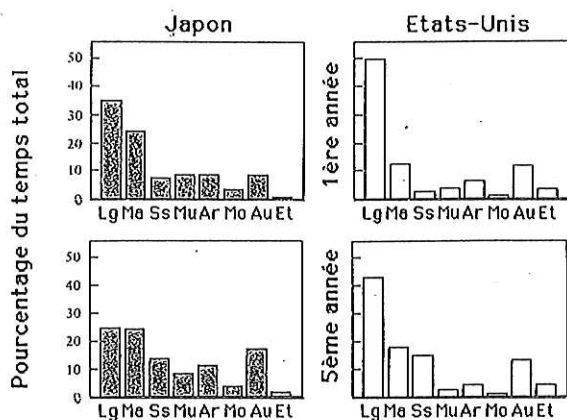


Figure 2 : Proportion de temps consacré aux différentes disciplines
(adapté à partir de Stevenson et al., 1986 p.209)

(1) Nous nous limitons ici, à des fins de clarté, à une comparaison Japon-E.-U. (Stevenson et al., 1986). Taiwan est intégré à cette comparaison dans Stevenson et al. (1987).

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

Les abréviations utilisées sont: Lg = Langage; Ma = Mathématiques; Ss = Sciences sociales; Mu = Musique; Ar = Art; Mo = Morale; Au = Autres et Et = Etude. Sur ces histogrammes nous pouvons donc remarquer non seulement que la proportion de temps consacrée aux mathématiques est, comme annoncé, plus importante au Japon qu'aux E.-U., mais aussi que pour le langage la relation s'inverse. En conséquence, l'impressionnante supériorité horaire des Japonais en mathématique disparaît pour le langage: une estimation, comparable à la précédente, donne même un petit avantage horaire aux E.-U. Comme Stevenson et coll. n'ont pas observé une supériorité japonaise claire en langage, nous y voyons un argument important en faveur du facteur **temps d'apprentissage**.

Le travail à la maison. Chen et Stevenson (1989) ont tenté d'estimer, de manière relativement précise, le temps consacré par les élèves asiatiques (chinois et japonais), comparativement aux élèves américains, au travail scolaire à la maison. Bien que leur étude ne différencie pas les disciplines scolaires, il est intéressant d'en rapporter quelques résultats pour montrer que le volume horaire des Asiatiques est, encore une fois, clairement supérieur à celui des Américains. Globalement, on peut résumer les résultats de Chen et Stevenson en disant que les élèves chinois consacrent plus de temps au travail à la maison que les américains, les japonais se situant à un niveau intermédiaire. Mais, pour ces derniers, l'école parallèle (*juku* notamment), non incluse dans le temps de travail à la maison, fausse un peu la comparaison et, en conséquence, nous nous limiterons à rapporter quelques chiffres plus précis sur la comparaison Taiwan - E.-U.

D'après les estimations des mères, en 1ère année, les élèves chinois de Taipei ou Beijing consacrent, toutes disciplines confondues, environ 8 ou 7 heures par semaine au travail à la maison, alors que les américains de Minneapolis ou Chicago n'en consacrent que 1 ou 3. En 5ème année, la différence absolue ne se rétrécit guère: 8 à 13 heures pour les Chinois, contre 4 à 7 heures pour les Américains.

Notons que les estimations des maîtres sont nettement en-dessous de celles des mères, mais que, et c'est ceci qui est important, elles font aussi apparaître que les élèves chinois travaillent davantage à la maison que les américains.

Remarque 1. Un certain nombre d'observations complémentaires intéressantes ont été faites par Chen et Stevenson dans cette même étude. Nous les signalons très succinctement:

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

- a) L'importante quantité de travail à domicile ne développe pas une attitude négative vis à vis de ce travail chez les élèves chinois: contrairement aux américains, ils aiment souvent faire ce travail !
- b) Les parents chinois consacrent plus de temps pour aider leurs enfants dans ce travail à la maison.
- c) Malgré cela, les parents américains pensent, en plus grande proportion que les chinois, pouvoir aider leurs enfants; et les mères américaines pensent, plus souvent que les mères chinoises, qu'elles les aident davantage que d'autres mères !

Remarque 2. Le rôle des parents, évidemment essentiel dans ce travail à la maison, est aussi important pour la **motivation** en général. L'étude de Holloway et al. (1986) a insisté sur ce problème. En particulier elle a montré expérimentalement que les parents japonais attribuent les mauvais résultats plutôt à un **manque d'effort**, alors que les américains l'attribuent plutôt à un **manque de capacité**. Ces différences d'attribution causale sont évidemment très importantes, notamment pour les élèves faibles qui, d'un côté, seront plutôt encouragés à faire un effort, alors que de l'autre, ils seront plutôt encouragés à s'investir dans autre chose.

2.2.2. La gestion de la classe

L'organisation du travail. Stigler, Lee et Stevenson (1987) distinguent, comme usuellement, trois types d'organisation: travail collectif avec l'ensemble de la **classe**, travail par **groupes**, et travail **individuel**⁽¹⁾.

Le tableau 2 ci-après compare les pourcentages qu'occupent ces différentes formes de travail dans l'enseignement des mathématiques dans les trois pays:

(1) On peut trouver des précisions sur les termes parfois intuitifs utilisés dans ce paragraphe dans les appendices de Stevenson et al. (1987).

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

Travail --> Pays	Classe	Groupe	Individuel
Taiwan	82	1	17
Japon	74	1	25
Etats-Unis	41	8	52

Tableau 2 : L'organisation du travail en mathématiques
(construit d'après des données de Stigler, Lee & Stevenson, 1987)

Il apparaît clairement que dans les classes asiatiques le travail collectif avec l'ensemble de la classe est la forme de travail la plus fréquente, alors que dans les classes américaines c'est plutôt le travail individuel.

Stigler et al. se sont aussi intéressés au **leader**: le leader peut être le maître, un autre adulte (directeur, ...), un élève, ou personne. Comme le pourcentage des deux types, ici intermédiaires, de leader - autre adulte ou élève - est insignifiant, il nous suffit de rapporter celui du maître-leader. A Taiwan, le maître est le leader 90% du temps, au Japon, 74%, et aux E.-U. seulement 46%.

L'enseignement. Cinq catégories de comportement d'enseignement ont été distinguées: **transmettre des informations** (enseignement direct des mathématiques), **donner des directives**, **questionner un groupe** (ou la classe entière), **questionner un élève**, **questionner sur un sujet autre** (que les mathématiques). Les observations de classe montrent que les enseignants asiatiques, surtout les taiwanais (63%), consacrent beaucoup plus de temps (en proportion, donc a fortiori dans l'absolu) à la **transmission d'informations** que les américains (25%).

Ce comportement des maîtres s'accorde évidemment avec celui des élèves: les asiatiques passent plus de temps à écouter ou observer activement le leader que les américains qui travaillent davantage indépendamment sur des problèmes mathématiques. Il s'accorde également avec le fait que les explications verbales sont plus abondantes dans les classes de Sendai que dans celles de Chicago (Stigler, 1988).

Enfin, un dernier point sur lequel Stigler a également attiré l'attention, est l'**allure peu**

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

soutenue du travail au Japon. En décomposant les séquences d'enseignement en segments de 5 minutes chacun, il a par exemple trouvé que le nombre de segments dans lesquels plus d'un problème (mathématique) est abordé est inférieur à 10% chez les Japonais, mais supérieur à 50% chez les Américains !

2.2.3. Un facteur linguistique

Rappelons que le test de Miura (1987) demande aux jeunes élèves de construire de deux manières essentiellement différentes une collection de, par exemple, 28 cubes, avec des cubes-unités et des barres de dix. Appliquant ce test à des Coréens, Japonais et Américains, Miura et al. (1988) et Miura et Okamoto (1989), ont trouvé des différences de stratégie et de réussite. Les Asiatiques préfèrent les constructions utilisant des barres. Les Américains, non seulement préfèrent, mais souvent n'arrivent pas ou ne pensent pas à construire des collections autres que celles comportant exclusivement des cubes-unités. En outre, Miura et Okamoto (1989) ont proposé un test plus classique de compréhension de la numération consistant en plusieurs questions sur la signification des chiffres qui apparaissent dans l'écriture des nombres à deux chiffres. Ce test a également montré une nette supériorité des élèves japonais de 1ère année sur leurs camarades américains. Miura et coll. interprètent ces observations assez systématiquement et presque exclusivement comme la conséquence de la structure linguistique de la suite des mots de nombre.

La suite japonaise ou chinoise marque en effet beaucoup mieux le rôle particulier des groupes de dix, à la fois lors du passage de dix à onze, et dans le choix des noms des dizaines. Comme les suites chinoise et japonaise sont structurellement analogues (la seconde est d'ailleurs dérivée de la première), nous nous contenterons d'illustrer notre propos par l'exemple de la suite chinoise.

Dans une transcription phonétique, en voici une description:

- a) de 1 à 10: yī (1), èr (2), sān (3), sì (4), wǔ (5), liù (6), qī (7), bā (8), jiǔ (9), shí (10);
- b) de 11 à 19: shí yī (11), shí èr (12), ..., shí jiǔ (19);
- c) de 20 à 99: èr shí (20), èr shí yī (21), ..., èr shí jiǔ (29), sān shí (30), ..., jiǔ shí (90), ..., jiǔ shí jiǔ (99);
- d) de 100 à 999: bǎi (100), yī bǎi yī (101), ..., yī bǎi yī shí (110), yī bǎi yī shí yī (111), ..., èr bǎi (200), ..., jiǔ bǎi jiǔ shí jiǔ (999).

Par rapport à la suite anglaise ou américaine, cette suite, outre sa régularité qui ne peut

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

que faciliter son apprentissage, présente essentiellement deux avantages pédagogiques:

- le premier, que nous avons souligné ci-dessus, est d'attirer doublement l'attention sur le groupement dix: ainsi, 11 se dit "dix un" (shí yī), 12 se dit "dix deux" (shí èr), ...; également, 20 se dit "deux dix" (èr shí), 30 se dit "trois dix" (sān shí);
- le deuxième est de mieux rapprocher l'expression orale des nombres de leur expression écrite chiffrée: par exemple, 131 se dit "un cent trois dix un" (yī bǎi sān shí yī) en chinois, alors qu'il se dit "un cent trente un" (one hundred thirty one) en anglais; ou encore, 18 correspond à "dix huit" (shí bā) en chinois, alors qu'il correspond à "huit dix" (eighteen) en anglais.

Pour la Corée, la situation est un peu plus complexe. Deux suites de nombres coexistent en effet dans ce pays. La première, que nous qualifions, avec Song et Ginsburg (1988), de Régulière est tout à fait analogue à la suite chinoise; la seconde, qualifiée d'Irrégulière, présente essentiellement des irrégularités pour les noms des dizaines. Par exemple, dans la suite Régulière, où 2 se dit Ee et 10 Sip, 20 se dit Ee-sip, et dans la suite Irrégulière, où 2 se dit Dool et 10 Yul, 20 se dit Sumool.

Les deux suites sont enseignées en 1ère année d'école, mais se différencient à la fois avant, où c'est plutôt la suite Irrégulière qui est apprise informellement aux jeunes enfants, et après, où c'est quasi-exclusivement la suite Régulière qui est utilisée (sauf pour la présentation verbale des problèmes numériques).

Après ces descriptions, il devient clair que l'interprétation de Miura et coll. est tout à fait plausible. Méthodologiquement, la démonstration de Miura et coll. reste cependant insuffisante: il faudrait montrer que dans des items de numération, où intervient fortement cette structure de la suite, la supériorité des élèves asiatiques est significativement plus importante que dans des items où elle n'intervient pas ou peu. A notre connaissance cela n'a pas été fait dans le domaine de la numération. Par contre, Miller et Stigler (1987) l'ont vérifié dans le domaine du comptage. Le comptage permet en effet de séparer assez facilement les erreurs de récitation, qui dépendent directement de la suite numérique, des erreurs de pointage (compter un objet deux fois, oublier de compter un objet) qui n'en dépendent pas directement.

Miller et Stigler ont trouvé, pour la récitation purement verbale de la suite (i.e. sans comptage d'objets), que les performances des jeunes chinois sont supérieures à celles

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

des jeunes américains à tous les âges étudiés: 4, 5 et 6 ans. Cette supériorité est la plus marquée à 4 ans où, il est vrai, les performances des jeunes chinois sont impressionnantes dans l'absolu: tous les 16 enfants testés connaissaient la suite (avec une omission d'un seul nombre permise) au moins jusqu'à trente ! D'ailleurs, si les performances des jeunes chinois sont meilleures que celles des américains, elles sont sans comparaison possible avec celles des jeunes coréens. En effet, **aucun** (sur les 23 testés dans Song et Ginsburg, 1988) de ces derniers, qui souffrent initialement de leur bilinguisme numérique, n'est arrivé, à l'âge de 4 ans, jusqu'à trente !

Dans le comptage d'objets, les jeunes chinois, s'appuyant sur leur meilleure connaissance de la suite verbale, ont certes aussi été supérieurs aux jeunes américains. Mais si on se limite, comme nous l'avons suggéré, aux seules erreurs de pointage, la supériorité des jeunes chinois disparaît effectivement. En conséquence, cela confirme que c'est bien la suite verbale, et donc vraisemblablement (mais partiellement, car on ne peut pas exclure d'autres facteurs comme la pression parentale) sa structure linguistique régulière, qui est à l'origine de certaines supériorités asiatiques.

Remarque. Hatano (1982) classe aussi, dans les facteurs linguistiques favorisant le calcul chez les Japonais, l'apprentissage des faits multiplicatifs à l'aide des *kuku*. Les *kuku* sont de courtes phrases conventionnelles et rimées dont chacune exprime l'un des 81 produits élémentaires (de 1×1 à 9×9). Elles sollicitent essentiellement la voie auditive parlée comme le confirme, si besoin était, une récente recherche sur des sujets aphasiques (Kashiwagi, Kashiwagi & Hasegawa, 1987). Les *kuku* étant basés sur des caractéristiques du langage japonais, précisées par Hatano (p.219), leur classification dans les facteurs linguistiques est légitime. Mais le fait que les élèves japonais soient plus performants en calcul, ni non plus le fait que les *kuku* reposent sur une mémoire auditive, ne suffit pas à prouver que cette méthode d'apprentissage est plus efficace. Une "preuve" plus convaincante demanderait d'établir que la supériorité asiatique dans la connaissance des tables de multiplication est significativement plus importante que, par exemple, celle dans la connaissance des tables d'addition (pour lesquelles il n'y a pas de *kuku*). D'autre part, nous ne savons pas si des *kuku* existent aussi à Taiwan et en Corée.

3. LES ENSEIGNEMENTS

Alors même que ces comparaisons Asie-E.-U. révèlent d'importantes différences culturelles, peut-on néanmoins en tirer des enseignements ayant valeur générale ? Uttal et al. (1988) ont tenté d'apporter une réponse expérimentale à une telle question. Ils ont mon-

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

tré que des facteurs similaires dans les trois cultures (Japon, Taiwan et E.-U.) différencient les élèves qui réussissent en mathématiques de ceux qui ne réussissent pas. Comme le niveau général de réussite varie considérablement entre ces pays, ou au moins entre les E.-U. et les deux pays asiatiques, on peut alors penser que ces facteurs sont très généraux. Egalement, nous avons pu voir que, même si les performances en comptage des jeunes asiatiques bénéficient de la régularité des suites numériques asiatiques, les erreurs de pointage qu'ils peuvent faire sont tout à fait comparables à celles des jeunes américains. En conséquence, il nous semble possible de tirer quand même quelques enseignements ayant des chances d'être universellement valides.

Nous nous limiterons cependant à l'apprentissage et à la cognition numérique. Il serait en effet inconvenant de faire des propositions institutionnelles ou des suggestions pour l'enseignement français, alors que la comparaison rapportée ne porte pas sur la France. Par contre, de telles propositions ou suggestions ont pu être faites par les psychologues américains impliqués dans ces recherches inter-culturelles. Par exemple, Stigler et al. (1987) ont proposé d'accroître la proportion de mathématiques, de réduire les activités de transition ou non pertinentes, d'accroître les opportunités d'apprentissage "à partir du maître". Ils rajoutent cependant que l'efficacité de telles mesures dépend de l'accroissement de la motivation et de la compétence des maîtres à enseigner les mathématiques. Notons aussi que, en 1986, le *Chicago Board of Education* a décidé de rendre obligatoire un travail minimal à la maison: 30 minutes par jour pour les années 1 à 3 ; 45 minutes par jour pour les années 4 à 6 !

En fait, nous nous limiterons, comme annoncé en introduction, au développement d'un seul thème - l'importance des groupements "utiles" - qui semble à l'origine de la seule différence cognitive observée. Le traitement de ce thème, où les élèves - et donc vraisemblablement aussi la pédagogie - asiatiques sont très performants, voit son intérêt renforcé par le fait que les études "occidentales", même en dehors des E.-U., semblent converger pour conclure que l'enseignement de la numération est plutôt un échec (Bednarz et Janvier, 1984). Et l'introduction précoce de bases différentes de la base dix ne remédie guère au problème (Perret, 1985), voire conduit à des conséquences indirectes négatives, sur les calculs pratiques par exemple (Hennes, Schmidt & Weiser, 1979).

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

3.1. Pour la compréhension de la numération

Dans le cadre de cet article, c'est évidemment une observation faite aux E.-U., et même à Chicago, une des villes américaines partiellement impliquées dans les comparaisons Asie-E.-U., que nous avons choisie pour illustrer la difficulté de compréhension de la numération. Kamii (1985), qui en est l'auteur, est arrivée à la conclusion que l'apprentissage de la numération de position est un objectif inapproprié et indésirable en 1ère année d'école. Pour elle, il est impossible qu'un élève de 1ère année comprenne que le 2 dans 26 signifie vingt. Mais regardons de plus près les observations empiriques sur lesquelles elle s'appuie.

Kamii a interrogé les 29 élèves d'une classe de 1ère année de haut niveau. Les élèves devaient :

- 1) compter seize jetons et les dessiner
- 2) écrire seize avec des nombres sur la même feuille
- 3) dire, alors que Kamii entourait le 6 dans 16, ce que signifie cette part (de l'écriture du nombre 16), et la montrer sur le dessin
- 4) dire, alors que Kamii entourait le 1, ce que signifie cette (deuxième) part, et la montrer sur le dessin
- 5) dire, alors que Kamii entourait 16, ce que signifie l'ensemble, et résister à une contre-suggestion sur la relation entre 16, 1 et 6. Par exemple, quand sur le dessin l'élève avait entouré six jetons (dans la partie 3 du test), un jeton (dans la partie 4), et les seize (dans la partie 5), Kamii lui demandait pourquoi il y en avait neuf qui n'étaient pas entourés.

D'après Kamii le bilan de l'observation est clair: aucun élève n'avait compris la numération de position !

Une réplique du test dans une autre classe, dont la maîtresse pensait que les élèves ont compris la numération, redonna le même résultat: le nombre d'élèves qui ont dit que le 1 de 16 représentait dix jetons a été zéro !

Posant alors son test à des élèves de 4ème, 6ème et 8ème année, Kamii trouva des pourcentages de réussite respectivement de 51% (N=35), 60% (N=48) et 78% (N=41). Une éventuelle "responsabilité" du milieu social étant écartée, et des résultats similaires ayant été obtenus ailleurs (à Boston, par un autre chercheur mais avec un test similaire), Kamii part en guerre contre l'instruction prématurée qui est préjudiciable à l'enfant essayant de

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

construire un sens dans une discipline. Dans la droite ligne de l'orthodoxie piagétienne⁽¹⁾, elle propose alors de reculer l'introduction de la numération de position « jusqu'à ce que les enfants aient solidement construit la série des nombres (par répétition de l'opération +1) et sachent partitionner des ensembles de différentes manières (relations partie-tout) ».

Avant de les commenter, notons d'abord que les observations de Kamii sont réellement étonnantes. Par exemple, si l'on prend, comme usuellement, 75% pour critère extérieur d'une acquisition, les élèves ne comprendraient la numération de position que vers 13 ans, dans leur 8ème année scolaire (la classe de quatrième en France) !

A la lumière des comparaisons Asie-E.-U., notamment des observations de Miura et coll. sur les enfants coréens de maternelle, nous pouvons maintenant réfuter, sur des bases expérimentales, les interprétations et suggestions de Kamii. D'abord nous pouvons dire que l'interprétation de la difficulté des élèves par le seul manque de maturité ne semble plus guère acceptable: les Coréens de 5 ans, qui comprennent la numération de position, ne sont pas plus mûrs que les Américains de 12 ans ! De plus, objecte Easley (1983), reculer l'apprentissage de la numération de position conduirait à apprendre à additionner et à soustraire sans comprendre le processus de génération des nombres. Or ceci ne peut qu'augmenter la difficulté ultérieure d'apprentissage de la numération de position car il faut que l'élève revienne en arrière et réinterprète ce qu'il est en train de faire. Egalement, s'interroge Easley, pourquoi les Américains mettraient-ils quelques années à comprendre ce que les Japonais comprennent en quelques mois ? Mais, surtout, c'est la proposition de Kamii de remplacer le travail de groupement par un travail d'ajout un par un qui semble particulièrement mal venue : un tel remplacement ne pourrait en effet que contribuer à renforcer le comptage un par un qui est déjà à l'origine de la représentation du nombre unique, inflexible et inadaptée aux "grands" nombres, des jeunes élèves américains.

Cet échec de la théorie piagétienne sur un sujet comme la compréhension du système de numération n'est pas étonnant. Ce système est en effet tellement subtil, peu naturel et irrégulier, qu'un enfant de 6 ans n'a que peu de chances de le réinventer ou de le recons-

(1) Son livre porte le titre: *Les jeunes enfants réinventent l'arithmétique*, et le sous-titre: *Implications de la théorie de Piaget*, le tout en anglais (voir Références) et préfacé par Bärbel Inhelder, la célèbre collaboratrice de Piaget.

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

truire par lui-même. Une médiation adulte (ou de quelqu'un qui sait) est donc indispensable. Et cette médiation a de bonnes chances de s'exercer par l'intermédiaire de l'outil majeur de notre culture: le langage. Tout ceci conduit naturellement à penser qu'une analyse plus brunérienne des difficultés de la numération pourrait, mieux et effectivement, les résoudre. Une telle analyse a précisément été faite par Brissiaud (1989 p.146 notamment). Elle explique parfaitement les observations de Miura et coll. ou de Miller et Stigler. En conséquence, elle donne quelque crédit aux conclusions pédagogiques qu'en tire cet auteur. A propos de ces dernières, rajoutons simplement que la suggestion de dire «vingt, c'est deux dix», «trente, c'est trois dix», ..., faite pour les pédagogues de langue française ou anglaise, s'adapte effectivement mal à la pédagogie de langue allemande: si l'on dit trois-dix (*drei-zehn*) pour trente, on tombe, au marqueur (éventuel) du pluriel près, sur le mot de nombre treize (*dreizehn*) !

3.2. Pour le passage de la dizaine

Rappelons les performances des jeunes chinois: à 4 ans, ils connaissent tous la suite numérique jusqu'à trente au moins. Jusqu'à dix, la mémorisation de cette dernière est vraisemblablement favorisée par la plus courte durée d'énonciation des mots de nombres. Après dix, elle est, sûrement, favorisée par sa régularité. Egaleme nt, la structure "dix un" qui apparaît aussitôt après dix joue un rôle considérable dans la compréhension de la numération.

Lorsqu'une culture, son langage plus précisément, ne possède pas tous ces avantages, les pédagogues se doivent d'y remédier. Certains l'ont fait. Pour la mémorisation de la suite numérique ils ont trouvé les comptines. Pour le rôle de dix, ils ont vu l'intérêt des doigts ou d'un matériel artificiel. Par exemple, Maria Montessori (1926) avait construit un jeu de barrettes de perles: les perles étaient toutes noires pour les cinq premières barrettes, noires jusqu'à la cinquième, puis blanches, pour les barrettes six à neuf, et toutes dorées pour la barrette dix. La singularité et la couleur - l'or - de la barrette dix soulignent (brillamment !) l'importance de dix.

Dans son activité du serpent, elle exploitait ces barrettes pour travailler les compléments et les suppléments à dix, ainsi que ses décompositions. Beaucoup plus récemment, Brissiaud (1989) a suggéré l'exploitation des doigts (initialement) et un matériel de réglettes

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

avec cache (ultérieurement). Egalement, certains jeux, comme le jeu de la cible (Douady, 1984), peuvent se prêter à un travail sur les compléments à dix si l'on fixe les variables didactiques en conséquence. Car ce problème des compléments à dix, qui sont un ingrédient essentiel du passage de la dizaine, s'est posé récemment à nous. A la fois pour des raisons empiriques et théoriques.

D'un point de vue empirique, nos recherches suivant la méthode Juste-Faux (Fischer, 1988a), ont en effet montré que:

- la réponse à $9+7$ n'est pas facilement accessible à la fin de l'école élémentaire: pressés de juger $9+7=15$ en moins de 5 secondes, seulement 59,5 % - à peine mieux que le hasard - de 210 élèves en fin de CM2 ont répondu qu'elle est fausse (Fischer, 1987) ;
- non seulement les élèves ayant au moins un an de retard dans leur scolarité produisent significativement moins de réponses correctes que les autres ($p<.001$), mais leur pourcentage de réussite - 39% - est même en dessous du hasard (non significativement toutefois: $.10 < p < .20$) !
- les compléments à dix jouent, dans les classes performantes, un rôle "pivotal" (Fischer, 1989);
- les élèves, en particulier ceux scolairement peu performants, développent par eux-mêmes des stratégies que Allardice et Ginsburg (1983) ont qualifiées d'« inutilement encombrantes » (*unnecessarily cumbersome*). Dans nos mises au point de la méthode Juste-Faux, nous avons ainsi observé :

◇ Fav (CE2) qui s'est trompé, en 2,19 secondes, dans le jugement de $9+6=15$. Interrogé à la fin de la passation sur sa manière de trouver $9+6$, il explique: « Je fais le double et j'enlève. »

◇ Lau (CM1) qui s'est trompée, en 2,88 secondes, dans le jugement de $9+7=16$. Interrogée en fin de passation: *Comment tu calcules $9+7$?* elle ne répond pas. - *Tu le sais par coeur ?* « Non. » - *Alors comment tu fais pour le trouver, $9+7$?* « Je fais $9+9$ et j'enlève 2. »

D'un point de vue théorique, l'existence de deux mémoires dissociables, qualifiées de procédurale et déclarative respectivement (Fischer, 1988b; Fischer & Pluvineau, 1988), et d'une opération - le *chunking* - qui peut assurer, nous le postulons, un "transfert" de la première à la seconde, explique l'importance de l'étude des compléments à dix.

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

En effet, le comptage ou surcomptage, une connaissance typiquement procédurale, peut (avec la maturation et l'exercice) conduire les élèves à calculer, par exemple, $7 + 3$, de plus en plus rapidement, fiablement et facilement. Mais seule l'opération de *chunking* peut les amener à constituer le *chunk*, ou paquet d'informations, qui englobe les nombres 10, 7 et 3 dans une collection structurée que nous notons $(+, 7, 3, 10)$. La constitution d'un tel *chunk* pourrait alors favoriser le calcul des soustractions par addition: par exemple, chercher $7 + \dots = 10$ pour calculer $10 - 7$.

Cette opération de *chunking*, que Wickelgren (1979) avait proposée comme la base de tout apprentissage cognitif, semble aujourd'hui s'imposer, et est, peut-être, la clé de tout apprentissage (déclaratif selon nous). Newell, qui travaille depuis plusieurs décennies sur l'apprentissage des machines, a incorporé le *chunking* dans son architecture la plus récente (Newell & Rosenbloom, 1981). Et aujourd'hui il en est un ardent défenseur et promoteur (Rosenbloom & Newell, 1987). Ces deux auteurs formulent ainsi l'hypothèse générale du *chunking*: « *Les êtres humains acquièrent et organisent la connaissance de l'environnement en formant et stockant des expressions, appelées chunks, qui sont des collections structurées de chunks existant déjà au moment de l'apprentissage* ».

Nous pouvons maintenant poser la question: Le *chunking* est-il privilégié, dans l'enseignement asiatique, notamment ou entre autres pour le passage de la dizaine ? Nous avons vu que la structure linguistique des suites asiatiques facilitait grandement la formation d'un *chunk* comme $(+, 10, 1, 11)$ puisque, verbalement, ce dernier peut se traduire par "dix et un" c'est "dix-un". Nous avons vu aussi que la pratique du *soroban* pouvait, indirectement au moins, encourager la complémentation non seulement à dix, mais aussi à cinq. Nous n'insisterons donc ici que sur le rôle des enseignants. En effet, ceux-ci semblent conjuguer leurs efforts avec les effets de la culture ou du langage.

Pour ce faire, les enseignants japonais s'appuient sur un matériel constitué simplement de petits carreaux découpés ou dessinés dans du carton, et appelé (en anglais !) TILE (Hatano, 1982; Easley, 1983). Les carreaux unitaires des TILES peuvent être isolés ou continus (bandes non découpées, simplement divisées par des traits). De plus, pour cinq et dix, il existe des bandes non divisées. Ceci favorise la constitution visuelle de *chunks* compléments ou suppléments à cinq, par exemple, $(+, 3, 2, 5)$ et $(+, 5, 4, 9)$, ou à dix, par exemple, $(+, 7, 3, 10)$. Les passages par cinq et, surtout, dix, sont alors systématiquement encouragés en calcul mental.

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

Donnons quelques exemples: $7+6 \rightarrow (7+3)+3 \rightarrow 10+3 \rightarrow 13$; $14-5 \rightarrow (10-5)+4 \rightarrow 5+4 \rightarrow 9$; $6-4 \rightarrow (5-4)+1$; $11+4 \rightarrow 10+5$; $12+4 \rightarrow 10+5+1$.

Hatano (1982), référant à une recherche de Yoshimura, souligne la réussite de cet apprentissage: des élèves de 1ère année avaient tendance à utiliser une stratégie de complémentation à 10 (quelquefois à 5 aussi), alors qu'en maternelle, l'année d'avant, ils utilisaient une stratégie de comptage ascendant. Leurs temps de réponses n'étaient pas en accord avec le modèle du compteur de Groen et Parkman (1972) qui postule que, pour calculer $x+y$, nous initialisons un compteur au plus grand des deux nombres impliqués dans la somme, disons y , et incrémentons alors x fois ce compteur.

Cette réussite de l'apprentissage scolaire japonais de la complémentation à dix contraste avec l'échec suédois tel qu'il apparaît dans une étude de Svenson (1975). Cette dernière a étudié les additions élémentaires sur des élèves suédois de 3ème année: ceux-ci suivent, pour l'essentiel, le modèle du compteur. Pour l'illustrer, Svenson rapporte le cas d'une enseignante qui enseignait explicitement à ses élèves à calculer $2+9$ par $(2+8)+1$. Or les reportages verbaux montrent qu'aucun élève de cette classe, interrogé par Svenson, n'a utilisé cette stratégie: ils commençaient tous par 9 ! L'échec de cette enseignante suédoise, sur un point précis, nous permet donc de nous livrer à une micro-analyse comparative de la réussite pédagogique japonaise.

D'un côté, nous avons:

- une méthode adaptée à la culture et au langage: par exemple, calculer $7+4$ en faisant $7+3+1$ est tout à fait naturel puisque l'on trouve dix et un, soit quasiment le résultat final (dix-un);
- une école qui commence à 6 ans et enseigne l'addition et la soustraction dès la première année;
- des effectifs de classes importants (39 élèves en moyenne), mais des maîtres jouissant d'un prestige certain et des élèves obéissants;
- et, car ceci est peut-être un élément de réponse à la question intrigante que nous avons soulevée en introduction, un psychologue (Hatano) qui souligne leur réussite.

De l'autre⁽¹⁾, nous avons:

- une méthode non spécialement adaptée au langage et, en plus, maladroite (dans la méthode de complé-

(1) Le glissement de notre comparaison Asie ou Japon - E.-U. vers une comparaison Japon-Suède n'est pas trop gênant: dans les comparaisons internationales (voir Husén, 1967 p.27; Hanna, 1989 p.228) la Suède se traîne tout autant que les Etats-Unis dans les profondeurs des classements; les irrégularités linguistiques de la suite numérique suédoise sont également comparables à celles de la suite américaine.

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

- mentation japonaise c'est toujours le plus petit des deux nombres à additoner qui est "cassé" !);
- une école qui ne commence qu'à 7 ans⁽²⁾ et où une enseignante enseigne la complémentation à 10 à des élèves ayant 3 ou 4 ans de plus que les Japonais;
 - le système éducatif le plus coûteux du monde à cause, notamment, des effectifs de classe faibles: 22,6 en moyenne (cf. Marklund, 1985);
 - une psychologue (Svenson) qui souligne l'échec total d'un enseignement scolaire de la complémentation.

Il nous paraît inutile de commenter longuement cette comparaison. Insistons simplement sur le fait que tous les facteurs favorables ne sont quand même pas d'un même côté: il est difficile de considérer les faibles effectifs de classe suédois comme un facteur défavorable ! Egalement, nous avons vu dans le paragraphe précédent que certains continuent à plaider pour une pédagogie de l'attente !

Pour terminer, nous revenons au passage de la dizaine pour évoquer sa nature procédurale. Un problème peut alors immédiatement être soulevé: le passage de la dizaine n'étant qu'une procédure, y a-t-il vraiment lieu d'insister sur lui ?

Dans le cadre théorique que nous venons très brièvement de rappeler ci-avant, en particulier la distinction entre connaissances procédurales et déclaratives, nous traitons la compréhension comme une émergence des premières. On conçoit donc que, pour nous, la procédure de passage de la dizaine est une pièce importante de la compréhension de la numération. Les résultats de Miura et coll. le confirment empiriquement. Mais, surtout, nous voudrions souligner que la culture et les pratiques japonaises tout entières semblent s'accorder avec un tel traitement de la compréhension. En effet, les observations de Hess et al. (1986) montrent que les mères japonaises insistent, davantage que les américaines, sur l'application correcte des procédures comme une route vers la compréhension. Par exemple, dans une tâche de classification, les mères japonaises semblaient accepter le (bon) placement des blocs (à classer) comme une preuve suffisante que les procédures ont été, ou pourraient être, comprises.

Le concept "**de la forme vers l'esprit**" (*from form to mind*) semble induire leur comportement dans les tâches d'enseignement. Ainsi, les mères japonaises essaient en

(2) Une conséquence presque directe de ce début tardif de l'école obligatoire est la durée exceptionnelle (4 ans) de l'école maternelle. Ceci contraste singulièrement avec la Corée où l'école maternelle est quasiment inexistante. D'ailleurs, il est intéressant de noter que, même lorsqu'ils émigrent aux E.-U., les parents coréens n'envoient pas, en général, leurs enfants à l'école maternelle (américaine).

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

premier de faire adopter à l'enfant la procédure dans sa forme correcte. Ensuite elles s'attendent à ce que l'enfant infère le principe correct, ou le concept, impliqué dans la tâche, en répétant la forme comportementale correcte. Ce style d'enseignement rappelle les méthodes traditionnelles d'enseignement combinant les habiletés cognitives et de performances qui sont utilisées couramment dans les arts classiques comme, par exemple, les arrangements floraux (d'après Hess et al., 1986). D'ailleurs, la psychologie américaine de l'instruction semble, aujourd'hui, découvrir aussi (ou redécouvrir ?) le rôle des habiletés procédurales dans la compréhension. Par exemple, récemment, Resnick et Oman-son (1987), après plus de 50 pages de considérations sur l'apprentissage de la compréhension en arithmétique, ont terminé leur article en soulignant qu'« *un certain niveau d'habileté procédurale est une étape importante dans l'apprentissage de la compréhension de l'arithmétique* ».

En guise de (brève) conclusion, à cette dernière partie et à cette contribution, nous dirons que les groupements et le passage de la dizaine ont certainement un effet direct sur la compréhension de la numération. Plus hypothétiquement et théoriquement, ils peuvent aussi favoriser l'émergence ou exercer une opération générale et fondamentale de la pensée: le *chunking*. Mais cette insistance sur les groupements, en particulier de dix, ne doit pas nous faire croire que nous les considérons comme un facteur privilégié et unique de la supériorité asiatique. Au contraire, nous croyons que souvent plusieurs facteurs interagissent. Nous croyons également que **le facteur temps est le facteur de base** nécessaire à la bonne action ou interaction de ces facteurs. Par exemple, il explique très bien pourquoi les maîtres, japonais ici, avec souvent 40 élèves dans leur classe, passent, sur un sujet très ponctuel, tout le temps qu'il faut pour que même les élèves les plus faibles comprennent, et contribuent ainsi à cet enseignement que Dupuis (1981) qualifie de « *vraiment démocratique* ».

L'auteur voudrait remercier Rémi Brissaud, Gérard Caston, Claire Dupuis, Raymond Duval et Claire Meljac, pour leurs conseils de rédaction.

Références

- Allardice B.S. & Ginsburg H.P., 1983. Children's psychological difficulties in mathematics. In H.P. Ginsburg (Ed), *The development of mathematical thinking*. New York: Academic Press.
- Andler M., 1989. Un redressement difficile. *Dossiers & Documents (Le Monde)*, avril 1989, p.8.
- Baroody A.J., 1987. *Children's mathematical thinking: A developmental framework for preschool, primary, and special education teachers*. New York: Teachers College (Columbia University).
- Bauch J.P. & Hsu H.J., 1988. Montessori: Right or wrong about number concepts? *Arithmetic Teacher*, 35, 8-11.
- Bednarz N. & Janvier B., 1984. La numération: Les difficultés suscitées par son apprentissage. *Grand N*, 33, 6-31.
- Brissiaud R., 1989. *Comment les enfants apprennent à calculer: Au-delà de Piaget et de la théorie des ensembles*. Paris: Retz.
- Chen C. & Stevenson H.W., 1988. Cross-linguistic differences in digit span of preschool children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 46, 150-158.
- Chen C. & Stevenson H.W., 1989. Homework: A cross-cultural examination. *Child Development*, 60, 551-561.
- Douady R., 1984. Jeux de cadres et dialectique outil-objet dans l'enseignement des mathématiques. Paris VII: Thèse de Doctorat d'Etat.
- Dupuis M., 1981. Les Japonais, la science et la technologie. *La Recherche*, 12, 504-511.
- Easley J., 1983. A Japanese approach to arithmetic. *For the Learning of Mathematics*, 3, 8-14.
- Fischer J.P., 1987. L'automatisation des calculs élémentaires à l'école. *Revue Française de Pédagogie*, 80, 17-24.
- Fischer J.P., 1988a. *11 - 3 = 9: Juste ou Faux ? Une méthode moderne d'évaluation de - et des progrès dans - la connaissance des faits numériques élémentaires*. Montigny-lès-Metz: CDDP de la Moselle.

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

- Fischer J.P., 1988b.** Les erreurs de lecture: un éclairage des sciences cognitives. *Psychologie Scolaire*, **65**, 23-38.
- Fischer J.P., 1989.** Deux ans de calcul au CM: mesure et interprétation des progrès. In R. Duval (Ed), *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives: Vol. 2*. Srasbourg: IREM.
- Fischer J.P. & Pluvinaud F., 1988.** Complexités de compréhension et d'exécution des opérations arithmétiques élémentaires. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, **9**, 133 - 154.
- Flieller A., 1989.** Les comparaisons de cohortes et de générations dans l'étude psychométrique de l'intelligence. *Psychologie Scolaire*, **68**, 47-64.
- Fuson K.C., 1988.** *Children's counting and concepts of number*. New York: Springer.
- Ginsburg H., 1977.** *Children's arithmetic*. New York: Van Nostrand.
- Groen G.J. & Parkman J.M., 1972.** A chronometric analysis of simple addition. *Psychological Review*, **79**, 329-343.
- Hanna G., 1989.** Mathematics achievement of girls and boys in grade eight: Results from twenty countries. *Educational Studies in Mathematics*, **20**, 225-232.
- Hatano G., 1982.** Learning to add and subtract: A japanese perspective. In T.P. Carpenter, J.M. Moser & T.A. Romberg (Eds), *Addition and subtraction: A cognitive perspective*. Hillsdale: Erlbaum.
- Hatta T. & Ikeda K., 1988.** Hemispheric specialization of abacus experts in mental calculation: Evidence from the results of time-sharing tasks. *Neuropsychologia*, **26**, 877-893.
- Hennes C., Schmidt S. & Weiser W., 1979.** Effekte der Behandlung nichtdezimaler Stellenwertsysteme im Mathematikunterricht der Grundschule: eine empirische Untersuchung. *Didaktik der Mathematik*, **4**, 318-328.
- Hess R.D., Azuma H., Kashiwagi K., Dickson W.P., Nagano S., Holloway S., Miyake K., Price G., Hatano G. & McDevitt T., 1986.** Family influences on school readiness and achievement in Japan and the United States: An overview of a longitudinal study. In Stevenson, Azuma & Hakuta (1986).

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

- Holloway S.D., Kashiwagi K., Hess R.D. & Azuma H., 1986. Causal attributions by japanese and american mothers and children about performance in mathematics. *International Journal of Psychology*, 21, 269-286.
- Husén T., 1967. *International study of achievement in mathematics: A comparison of twelve countries (vol. II)*. Stockholm: Almqvist & Wiksell.
- Huteau M., 1987. *Style cognitif et personnalité: La dépendance-indépendance à l'égard du champ*. Lille: Presses Universitaires.
- Kamii C.K., 1985. *Young children reinvent arithmetic: Implications of Piaget's theory*. New York: Teachers College, Columbia University.
- Kashiwagi A., Kashiwagi T. & Hasegawa T., 1987. Improvement of deficits in mnemonic rhyme for multiplication in japanese aphasics. *Neuropsychologia*, 25, 443-447.
- Leclercq J.M., 1984. *Education et société au Japon*. Paris: Anthropos.
- Lynn R., 1982. IQ in Japan and the United States shows a growing disparity. *Nature*, 297, 222-223 (dans la même revue, en 1983, critiques de Flynn J.R., 301, 655 et de Stevenson H.W. & Azuma H., 306, 291-2, et réponse de Lynn R., 306, 292).
- Marklund S., 1985. Sweden: System of education. In T. Husen & T.N. Postlethwaite (Eds), *The international encyclopedia of education: vol. 8*. Oxford: Pergamon Press.
- Miller K.F. & Stigler J.W., 1987. Counting in chinese: Cultural variation in a basic cognitive skill. *Cognitive Development*, 2, 279-305.
- Miura I.T., 1987. Mathematics achievement as a function of language. *Journal of Educational Psychology*, 79, 79-82.
- Miura I.T., Kim C.C., Chang C.M. & Okamoto Y., 1988. Effects of language characteristics on children's cognitive representation of number: Cross-national comparisons. *Child Development*, 59, 1445-1450.
- Miura I.T. & Okamoto Y., 1989. Comparisons of U.S. and japanese first graders' cognitive representation of number and understanding of place value. *Journal of Educational Psychology*, 81, 109-113.
- Montessori M., 1926. *Pédagogie scientifique: La découverte de l'enfant*. Paris: Desclée De Brouwer, 1952.

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

- Newell A. & Rosenbloom P.S., 1981. Mechanisms of skill acquisition and the law of practice. In J.R. Anderson (Ed), *Cognitive skills and their acquisition*. Hillsdale: Erlbaum.
- Norman C., 1988. Math education: A mixed picture. *Science*, **241**, 408-409 (dans la même revue, critiques de Humphreys L.G., **241**, 1414 et de Stanley J.C., **241**, 1414).
- Perret J.F., 1985. *Comprendre l'écriture des nombres*. Berne: Peter Lang.
- Resnick L.B. & Omanson S.F., 1987. Learning to understand arithmetic. In R. Glaser (Ed), *Advances in instructional psychology: volume 3*. Hillsdale: Erlbaum.
- Rosenbloom P. & Newell A., 1987. Learning by chunking: A production system model of practice. In D. Klahr, P. Langley & R. Neches (Eds), *Production system models of learning and development*. Cambridge: MIT Press.
- Rosenzweig M.R. & Sinha D., 1988. *La recherche en psychologie scientifique: état actuel dans les pays industrialisés et les pays en développement*. Toulouse: Erès.
- Schweickert R. & Boruff B., 1986. Short-term memory capacity: Magic number or magic spell? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **12**, 419-425.
- Siegler R.S., 1988. Individual differences in strategy choices: Good students, not-so-good students, and perfectionists. *Child Development*, **59**, 833-851.
- Song M.J. & Ginsburg H.P., 1987. The development of informal and formal mathematical thinking in Korean and U.S. children. *Child Development*, **58**, 1286-1296.
- Song M.J. & Ginsburg H.P., 1988. The effect of the korean number system on young children's counting: a natural experiment in numerical bilingualism. *International Journal of Psychology*, **23**, 319-332.
- Stevenson H., Azuma H. & Hakuta K. (Eds), 1986. *Child development and education in Japan*. New York: Freeman, 1986 (critique dans *Science*, **236**, 205-206, 1987).
- Stevenson H.W., Lee S.Y. & Stigler J.W., 1986. Mathematics achievement of Chinese, Japanese, and American children. *Science*, **231**, 693-699.
- Stevenson H.W., Stigler J.W., Lee S.Y., Kitamura S., Kimura S. & Kato T., 1986. Achievement in mathematics. In Stevenson, Azuma & Hakuta, 1986.
- Stevenson H.W., Stigler J.W., Lee S., Lucker G.W., Kitamura S. &

Pourquoi les élèves asiatiques surclassent-ils les américains ?

- Hsu C., 1985. Cognitive performance and academic achievement in Japanese, Chinese, and American children. *Child Development*, 56, 718-734.
- Stevenson H.W., Stigler J.W., Lucker G.W., Lee S., Hsu C.C. & Kitamura S., 1987. Classroom behavior and achievement of Japanese, Chinese, and American children. In R. Glaser (Ed), *Advances in instructional psychology: volume 3*. Hillsdale: Erlbaum.
- Stigler J.W., 1984. "Mental abacus": The effect of abacus training on Chinese children's mental calculation. *Cognitive Psychology*, 16, 145-176.
- Stigler J.W., 1988. The use of verbal explanation in Japanese and American classrooms. *Arithmetic Teacher*, 36, 27-29.
- Stigler J.W., Lee S.Y., Lucker G.W. & Stevenson H.W., 1982. Curriculum and achievement in mathematics: A study of elementary school children in Japan, Taiwan, and the United States. *Journal of Educational Psychology*, 74, 315-322.
- Stigler J.W., Lee S.Y. & Stevenson H.W., 1987. Mathematics classrooms in Japan, Taiwan, and the United States. *Child Development*, 58, 1272-1285.
- Strom R., Park S.H. & Daniels S., 1987. Childrearing dilemmas of Koreans immigrants to the United States. *Scientia Paedagogica Experimentalis*, 24, 91-102.
- Svenson O., 1975. Analysis of time required by children for simple additions. *Acta Psychologica*, 39, 289-302.
- Tsang S.L., 1984. The mathematics education of Asian Americans. *Journal for Research in Mathematics Education*, 15, 114-122.
- Uttal D.H., Lummis M. & Stevenson H.W., 1988. Low and high mathematics achievement in Japanese, Chinese, and American elementary-school children. *Developmental Psychology*, 24, 335-342.
- Wickelgren W.A., 1979. Chunking and consolidation: A theoretical synthesis of semantics networks, configuring in conditioning, S-R versus cognitive learning, normal forgetting, the amnesic syndrome, and the hippocampal arousal system. *Psychological Review*, 86, 44-60.
- Yoshida H. & Kuriyama K., 1986. The numbers 1 to 5 in the development of children's number concepts. *Journal of Experimental Child Psychology*, 41, 251-266.