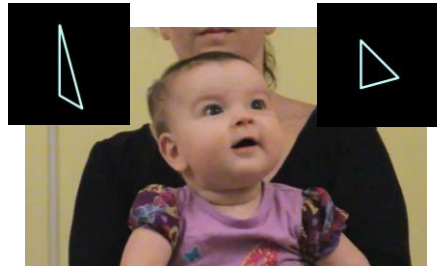


Du labo à l'école: Améliorer l'apprentissage des mathématiques à l'école primaire.



Elizabeth Spelke

Department of Psychology, Harvard University

College de France, January 22, 2025

Les enfants ont une capacité prodigieuse d'apprendre

Avant l'école, ils apprennent une grande partie de leur langue, l'aménagement de leur environnement (physique et social), les formes et fonctions des objets, ainsi que de nombreuses coutumes et compétences.

À l'école, ils acquièrent de nouvelles compétences et maîtrisent de nouveaux concepts et symboles, pour comprendre le passé ainsi que l'état actuel de leur environnement, à des échelles trop grandes, trop petites, ou trop lentes pour être vues directement.



What makes children's learning so flexible and effective?

Aujourd'hui, un projet d'enseignement des maths en Inde

Pourquoi l'Inde?

L'Inde présente une riche diversité de cultures, et cette richesse est évidente dans leurs écoles, même pour les plus jeunes enfants.



Hindi
१
२
३
४
५ or ५
६
७
८
९
१०

Means
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

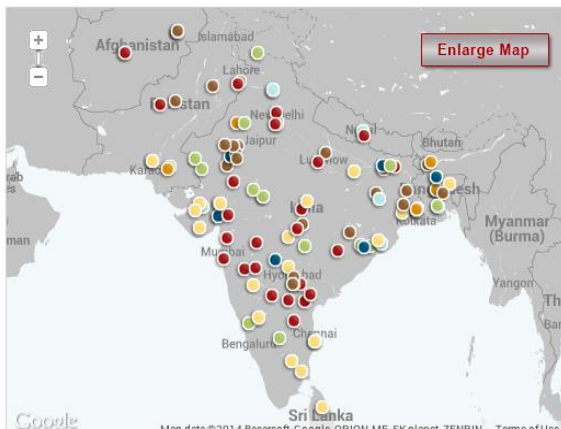


Pourquoi l'Inde? Deux excellentes ONG

J-PAL (the Jameel Poverty Action Lab) a une forte présence dans tout le pays. Il organise des évaluations randomisées des interventions visant à améliorer la vie des pauvres, dans de multiples domaines, dont l'éducation. Et J-PAL s'engage efficacement avec les gouvernements pour mettre en œuvre celles qui réussissent.

Pratham, la plus grande ONG éducative en Inde, collecte tous les deux ans des données de haute qualité sur la fréquentation scolaire des enfants et la maîtrise des programmes scolaires. Elle gère des écoles maternelles et propose des activités enrichissantes dans les écoles publiques, améliorant ainsi l'éducation des enfants à tous les niveaux.

J-PAL S. Asia:



Rukmini Banerji

Pourquoi l'Inde: Un défi

La plupart des enfants indiens pauvres sont désormais inscrits à l'école (en 2022, 95 %) et fréquentent l'école (un jour donné, > 70 %). Mais ces enfants courent un risque élevé de ne pas apprendre le programme de mathématiques de l'école primaire :



Rukmini Banerji
ASER, Pratham



Esther Duflo

The ASER 2022 math test

KG G1 G2 G4
Sample: Arithmetic test

Number recognition 1-9		Number recognition 11-99		Subtraction		Division
1	4	51	83	46 - 29	63 - 39	7)879(
7	3	37	65	47 - 28	45 - 17	6)824(
6	9	55	26	92 - 76	84 - 57	8)985(
5	2	91	43	52 - 14	66 - 48	4)517(
		36	27			

Ask the child to recognize any 5 numbers. At least 4 must be correct.

Ask the child to recognize any 5 numbers. At least 4 must be correct.

Ask the child to do any 2 subtraction problems. Both must be correct.

Ask the child to do any 1 division problem. It must be correct.

Table 7: % Children by grade and arithmetic level. All children. 2022 (N ≈ 700,000)

Std	Not even 1-9	Recognise number		Subtract	Divide	Total
		1-9	11-99			
I	37.6	36.8	19.8	4.1	1.7	100
II	16.9	36.1	33.1	10.1	3.9	100
III	9.8	27.6	36.8	17.6	8.3	100
IV	5.8	20.2	35.3	22.9	15.9	100
V	3.7	14.6	31.8	24.3	25.6	100
VI	2.8	10.2	30.4	24.9	31.7	100
VII	1.9	7.3	28.3	24.7	37.8	100
VIII	1.6	5.2	25.5	23.1	44.6	100

Subtraction
(~1/4)

Division
(~1/4)

Pourquoi tous les écoliers n'apprennent-ils pas les maths ?

Qu'est-ce qui les aidera ?

Trois expériences, reliant l'économie, l'éducation et les sciences cognitives du développement



Esther Duflo
Economics,
MIT/PSE/CdF



Rukmini Banerji
Pratham, Delhi



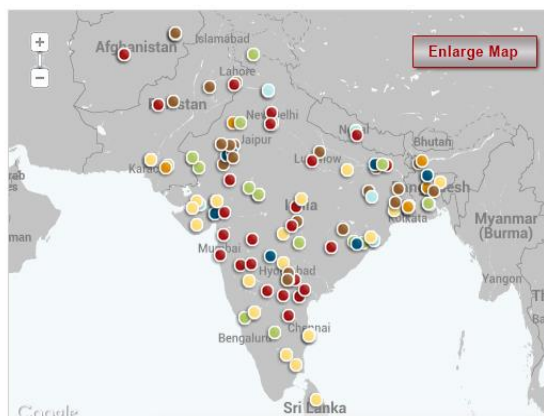
Harini Kannan
J-Pal South Asia



Moira Dillon
Psychology, NYU
(then, Harvard)



Joshua Dean
Booth Sch., UChicago
(then, MIT)



J-PAL S. Asia

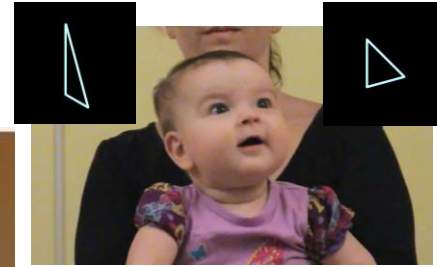


Pratham



Aperçu de cette conférence

1. Les sciences cognitives à la base de ce projet : ce que les enfants savent universellement sur les nombres et la géométrie, et comment ils apprennent les maths à l'école primaire.
2. Une suite de 3 expériences à grande échelle, centrées sur des jeux exerçant des concepts intuitifs de nombres et de géométrie chez les enfants indiens, pour améliorer leur apprentissage des maths.
3. Un retour aux sciences cognitives : qu'est-ce qui pourrait sous-tendre le don des enfants pour l'apprentissage culturel et leur motivation à l'exercer à l'école ? Une hypothèse.



Sciences Cognitives

Une entreprise pluridisciplinaire comprenant une grande partie de la psychologie cognitive, de la perception, des neurosciences cognitives, des sciences cognitives computationnelles et de l'IA, de la linguistique, de la psycholinguistique, de la philosophie, de l'anthropologie et d'autres domaines axés sur la nature et le fonctionnement des esprits intelligents.



Jacques Mehler



Ghislaine Dehaene-Lambertz



Thierry Nazzi



Franck Ramus



Stanislas Dehaene



Veronique Izard



Emmanuel Dupoux



Anne Christophe

Sciences Cognitives et Développementales

Des recherches axées sur les prodigieuses capacités d'apprentissage des enfants, et sur les capacités et les motivations qui guident leur apprentissage.

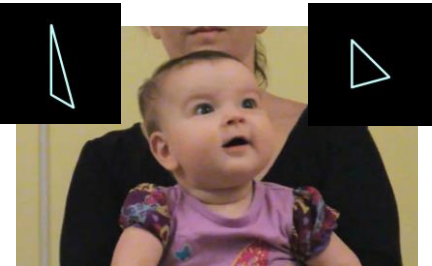
Core Knowledge



number
order, composition
statistical learning



objects
continuity, solidity
tracking



forms
length, angle
categorizing



places
distance, direction
navigating



agents
cause, cost, goal
action planning



social beings
engagement, experience
social networking

Les enfants apprennent rapidement car ils n'ont pas besoin de tout apprendre. Ils ont, au moins, six systèmes cognitifs innés, révélés par la recherche en sciences cognitives.

Ces systèmes se concentrent sur des concepts abstraits distincts, applicables à tous les environnements humainement habitables.

Ils résolvent des problèmes distincts avec des limites distinctes.

Ils sont partagés par les enfants et les adultes et sont donc constants tout au long du développement et universels dans toutes les sociétés humaines.

Ils sont automatiques et inconscients.

Ils guident l'apprentissage.

One core system at the foundations of number



number
order, composition
statistical learning

Les enfants apprennent rapidement car ils n'ont pas besoin de tout apprendre. Ils ont, au moins, six systèmes cognitifs innés, révélés par la recherche en sciences cognitives.

Ces systèmes se concentrent sur des concepts abstraits distincts, applicables à tous les environnements humainement habitables.

Ils résolvent des problèmes distincts avec des limites distinctes.

Ils sont partagés par les enfants et les adultes et sont donc constants tout au long du développement et universels dans toutes les sociétés humaines.

Ils sont automatiques et inconscients.

Ils guident l'apprentissage.

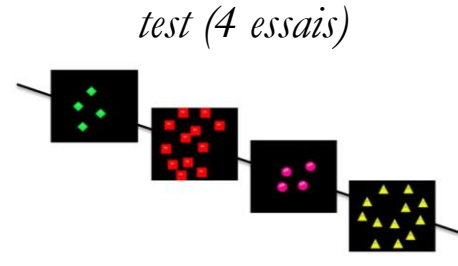


Number



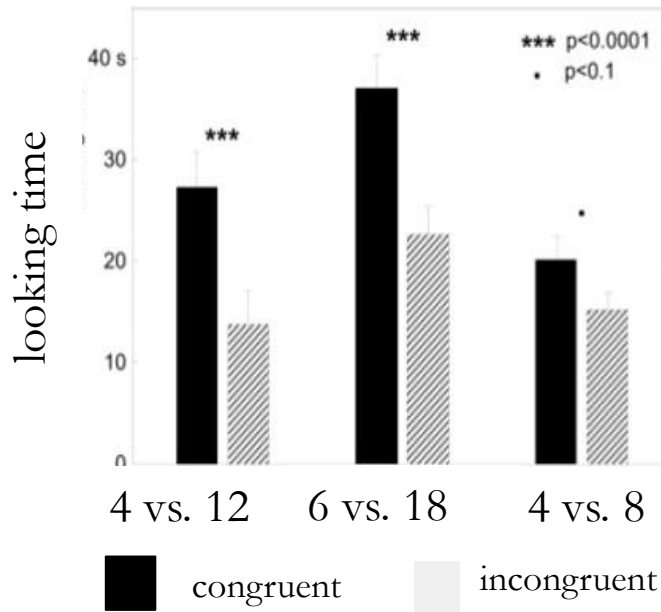
A *familiarization* (2 min.)

... « tuuuuu-tuuuuu-tuuuuu-tuuuuu » ...
 ...« raaaaa-raaaaa-raaaaa-raaaaa » ...
 Or
 ... «tu-tu-tu-tu-tu-tu-tu-tu-tu-tu-tu-tu-tu-tu» ...
 ...«ra-ra-ra-ra-ra-ra-ra-ra-ra-ra-ra-ra» ...



Veronique Izard

nouveau-nés(1-3 jours)



Les nouveau-nés représentent les nombres avec une précision approximative. Il en va de même pour les nourrissons plus âgés, les enfants et les adultes, dans les tâches qui empêchent de compter.

Une représentation abstraite de nombres dans l'esprit des nourrissons.

Coubart et al. *DevSci* 2014; de Hevia et al. *PNAS* 2014 Barth et al. *Cognition* 2003, *PNAS* 2005

McCrink & Wynn, *PsychSci* 2010 Park et al. *DevSci* 2014; Piazza et al. *Neuron* 2007 Halberda et al., *Nature* 2008

Piazza et al. *PsychSci* 2010; Dehaene-Lambertz & Spelke, *Neuron* 2015. Amalric & Dehaene, *PNAS* 2016

Yousif & Keil, *TICS* 2021

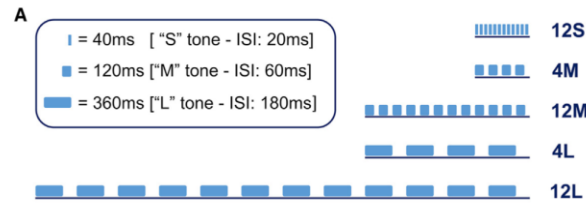
Izard, et al. *PNAS* 2009



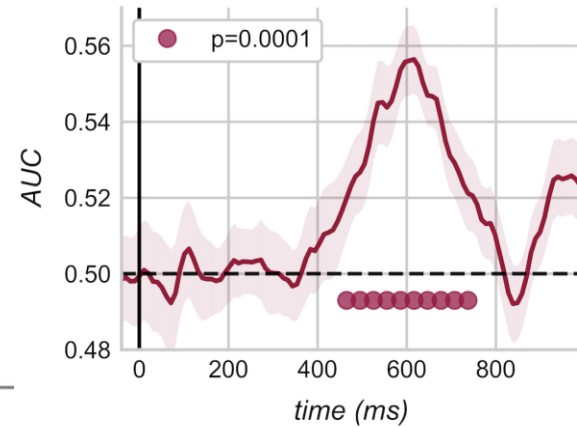
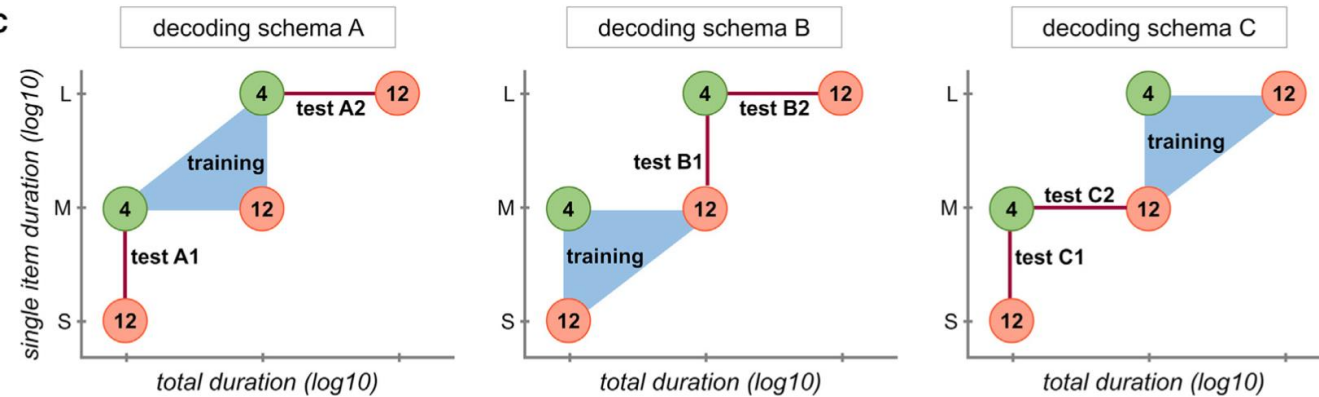
Number



Ghislaine Dehaene-Lambertz



Les nourrissons de 3 mois, somnolents ou endormis, entendaient des séquences de 4 et de 12 tonalités, mélangées de manière aléatoire et suivies de pauses, alors que l'activité cérébrale était surveillée: Dans les pauses qui suivent chaque séquence, trouve-t-on une réponse au *nombre* de tonalités dans la séquence précédente?



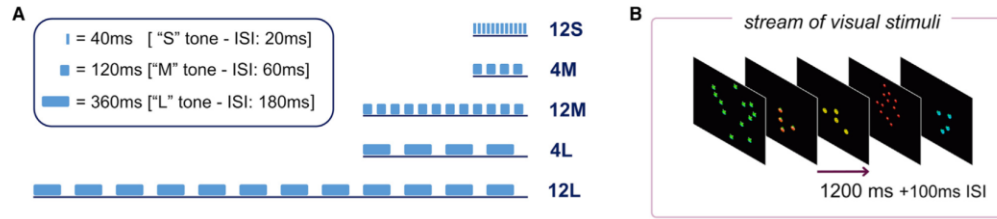
À l'aide de MVPA (régression), les décodeurs ont été entraînés à identifier le nombre de sous-ensembles d'essais contrôlant la durée et le rythme de la séquence, à différents intervalles pendant les pauses. Les décodeurs entraînés à des intervalles proches d'environ 0,5 s après chaque séquence ont identifié des signaux cérébraux spécifiques au nombre (4 contre 12).



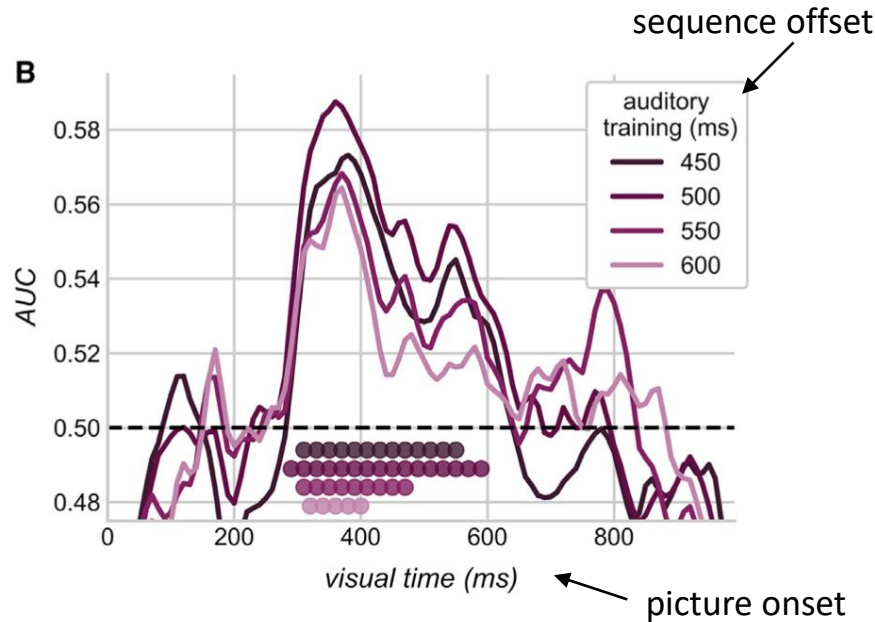
Abstract Number?



Ghislaine
Dehaene-Lambertz



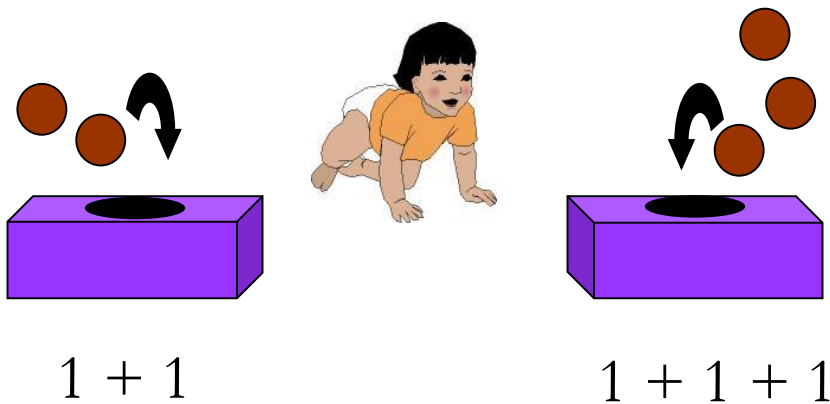
Eveillés et alertes, les bébés ont été testés avec des tableaux visuels de 4 et 12 objets. L'entraînement sur les tons permettra-t-il un décodage réussi des nombres dans les tableaux visuels ?



Abstract number representations in infant brains

Two core systems of number, each with strengths and limits

Les grandeurs numériques sont représentées et comparées directement, à la fois dans des tableaux visuels et des séquences auditives, mais avec un rapport limite de 3 : 1 à la naissance, et jamais avec une précision exacte.



De petits ensembles d'objets ou de formes sont représentés et comparés exactement, mais avec une limite de taille fixée à 3 et une concentration sur les *objets* et non sur le *nombre*.

Les images de petits et grands nombres activent différentes régions du cerveau, tant chez les nourrissons que chez les adultes.

Ces deux systèmes soutiennent l'apprentissage des maths

Les représentations de 3 objets par les enfants sous-tendent leur apprentissage des mots numériques de *un* à *trois*: le début d'énumération.

Avant d'apprendre l'arithmétique symbolique, les enfants effectuent une arithmétique symbolique approximative avec des grands nombres.

Leurs capacités numériques intuitives et symboliques sont corrélées.

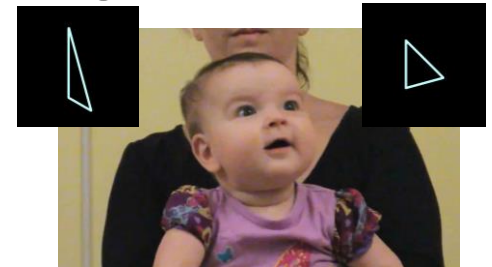
L'exercice des capacités numériques intuitives améliore les performances en mathématiques symboliques.

Au total, quatre systèmes de base sont associés à l'apprentissage des maths

Two systems of number



Two systems of geometry



Mais ce ne sont pas les seuls ingrédients de l'apprentissage des maths.

Reviews: Carey & Barner *TICS* 2019; Spelke *LangLrngDev* 2017

Dehaene, *Number Sense*; 2011; Siegler & Ramani, *DevSci* 2008

Number and objects: Feigenson, Dehaene & Spelke, *TICS*, 2004

Places and forms: Dillon, Huang & Spelke, *PNAS*, 2013

Plus d'ingrédients : langage et symboles



L'apprentissage des langues commence avant la naissance :
la prosodie

A la naissance : mots de contenu (noms, adjectifs, verbes)
vs. mots de fonction (pronoms, verbes auxiliaires...)

Vers 4 mois, dépendances des mots de fonction : syntaxe

Vers 6 mois, significations des mots de contenu :
sémantique, référence

Vers 6-7 mois, ordre des têtes et des compléments dans la
langue maternelle, au coeur de la syntaxe

NB : Les nourrissons et les enfants n'apprennent pas la langue à la radio
ou par des voisins inconnus, mais par des personnes qui s'engagent avec
eux. Et dès 3 mois, ils utilisent le langage de leurs partenaires sociaux pour
découvrir le monde : nouvelles catégories d'objets, nouvelles analyses de
formes, **nouvelles perspectives**.

Kuhl, Tsao, & Liu, *PNAS* 2003

Ferry, Hespos & Waxman, *PNAS* 2012

Bergelson & Swingley, *PNAS* 2012

Gervain & Werker, *NatComm* 2013

Bergelson & Aslin, *PNAS* 2017

Mehler et al., *Cognition* 1988

Shi, Werker & Morgan, *Cognition* 1999

Friederici et al., *PLoSOne* 2011

Le langage nous transporte au-delà de la perception : il transmet des perspectives distinctes sur la même scène perçue.

Regarde le chien !

C'est un Dalmatien !

Il est jeune !



C'est Pongo !

C'est mon chien !

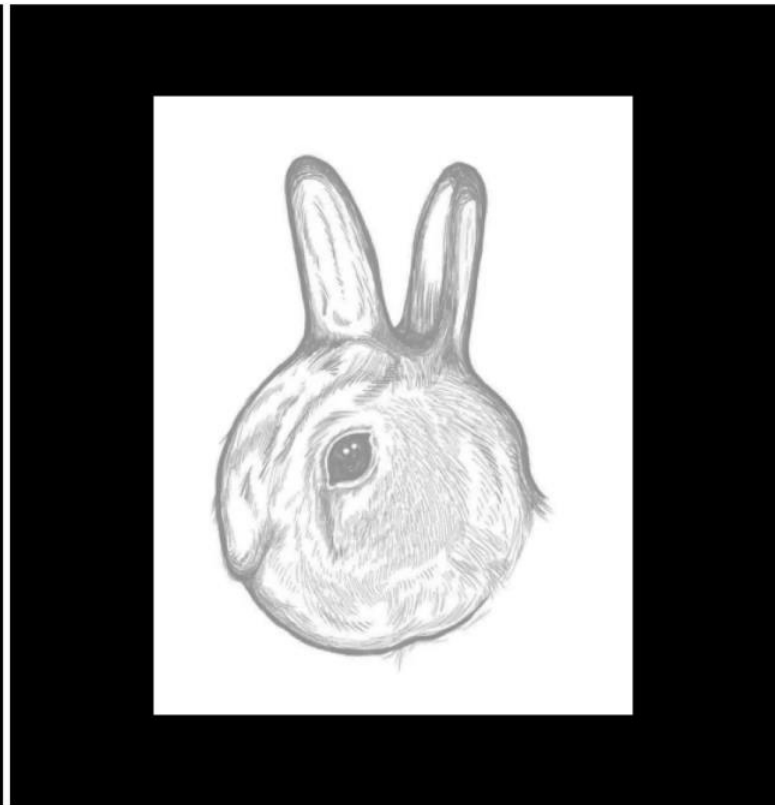
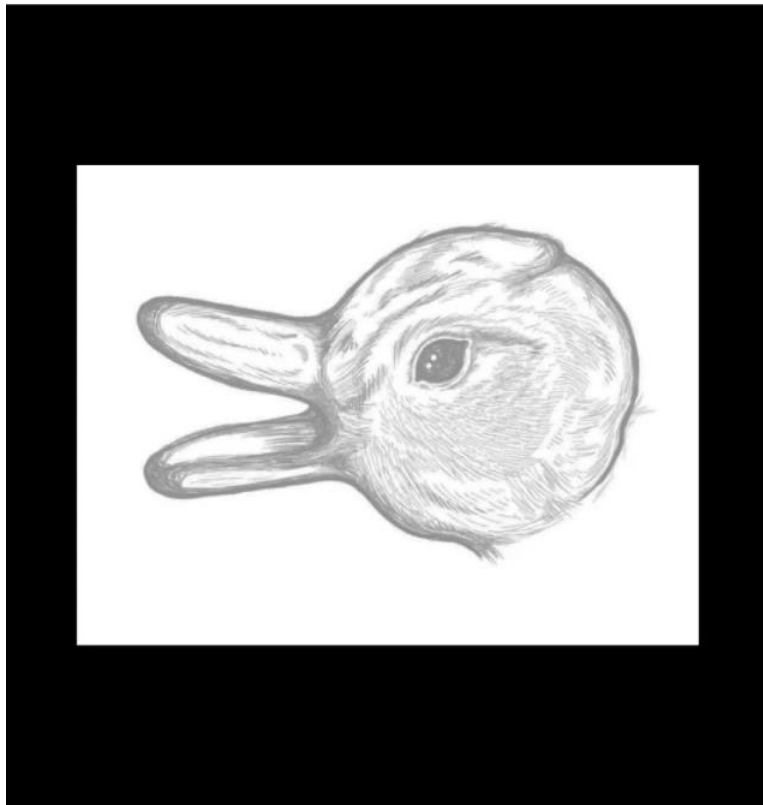
La conversation est avant tout une question de partage de son point de vue avec son partenaire, qui partage à son tour son point de vue.

Les enfants apprennent la langue au fur et à mesure qu'elle est utilisée dans une conversation et, ce faisant, ils découvrent le point de vue des autres sur le monde.

Une Expérience



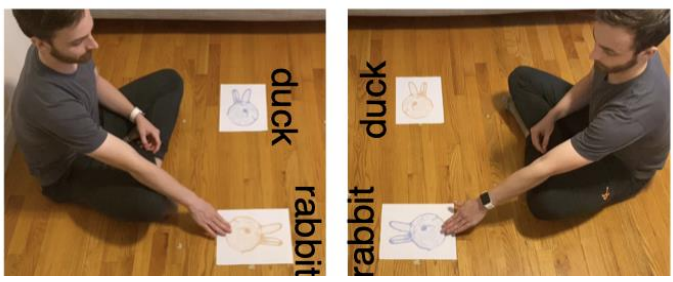
Brandon Woo



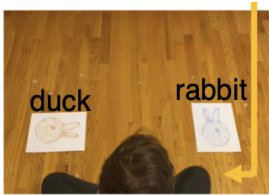
Les bébes (15 mois) sont-ils sensibles aux perspectives différentes des leurs?

Familiarisation : L'acteur regarde chaque image et va vers une image. Puis il change de perspective et va, en alternance, vers le canard et le lapin, pendant que le bébé le regarde.

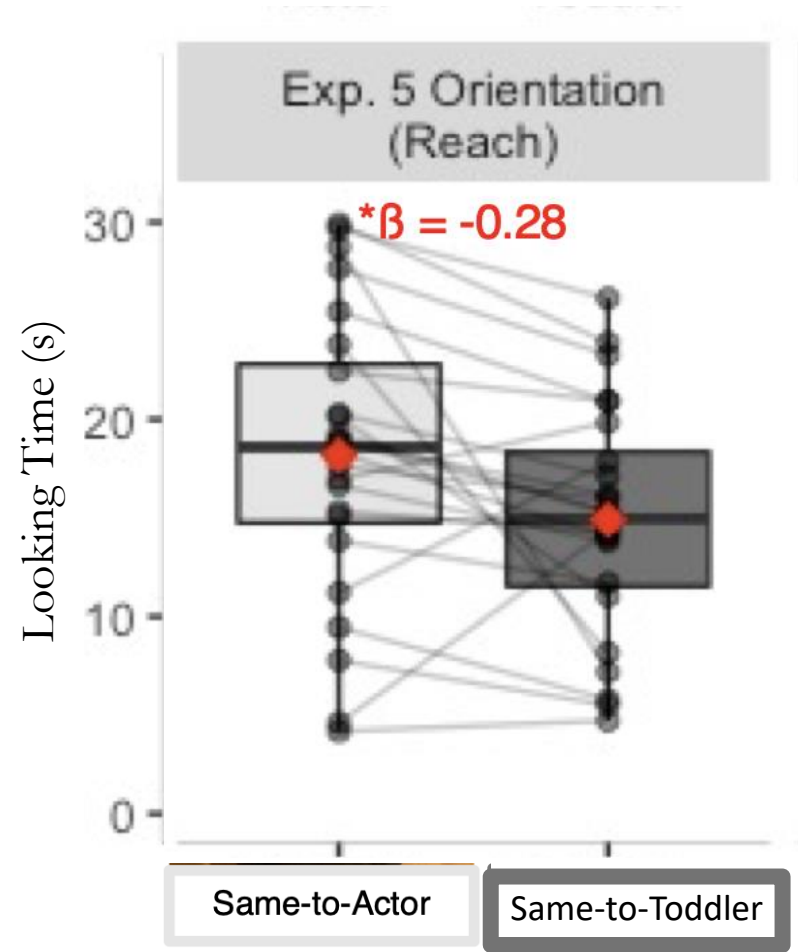
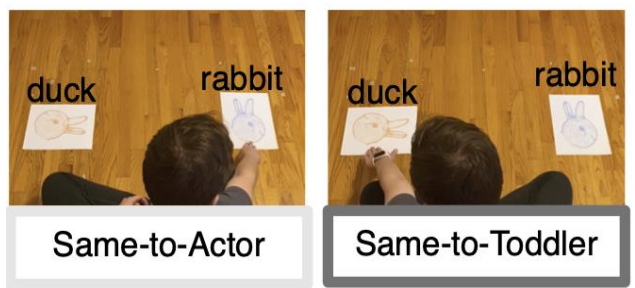
Familiarization



Change in position



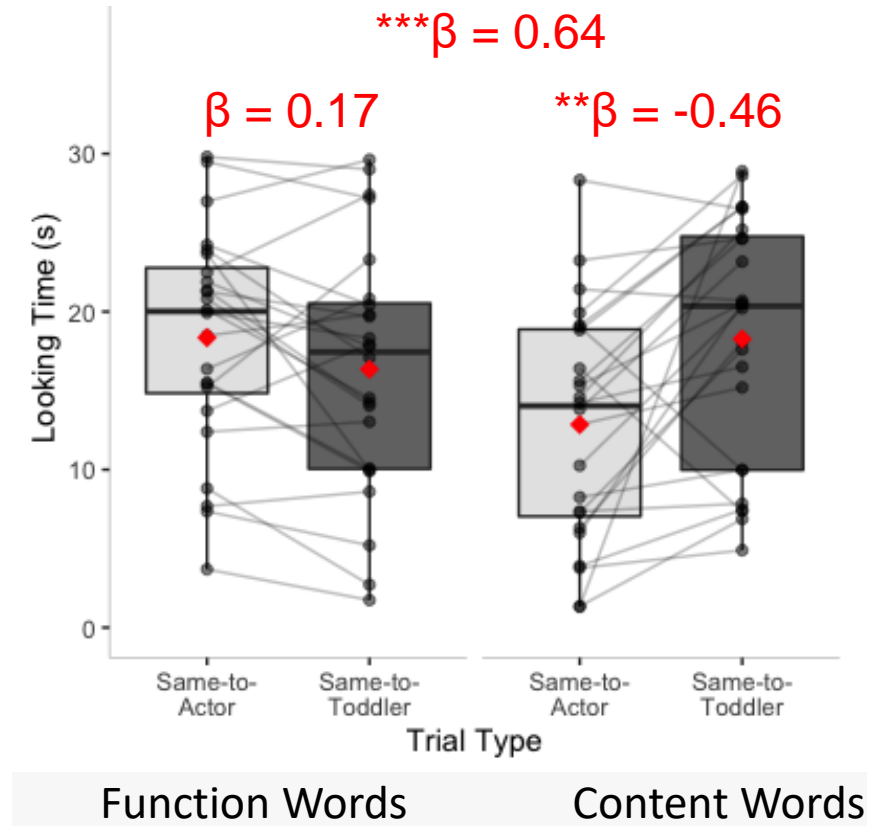
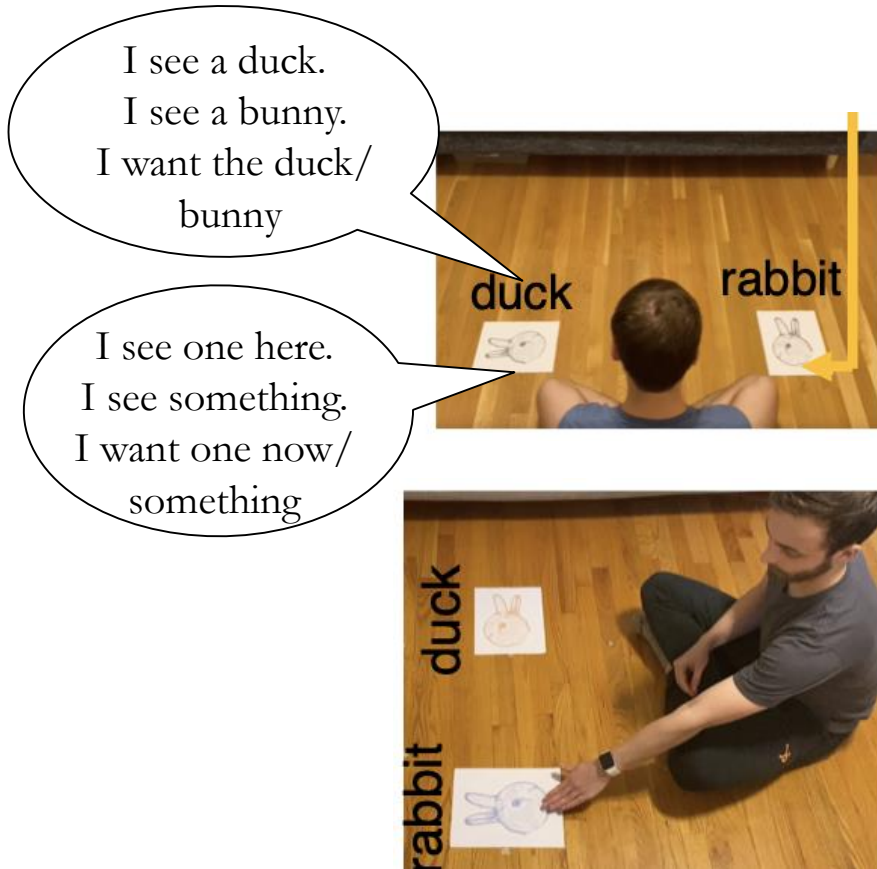
Test



Dans cette situation (et 6 autres que nous avons testées), ils ne le sont pas.

Mais dans une expérience, ils réussissent

Familiarisation : L'acteur regarde chaque image et parle. Puis il change de perspective et attrape alternativement le canard et le lapin. Deux conditions :



Test : atteindre alternativement chaque image

Le langage aide les tout-petits à comprendre le point de vue des autres.

Comment les enfants apprennent : implications pour l'éducation

L'enseignement formel vise à transmettre de nouvelles perspectives sur des choses familières : Sur la terre, le système solaire et l'univers ; sur la population, le gouvernement, les lois et l'histoire du pays ; sur la biologie, la technologie, les arts, et les maths : $7 = 3+4 = 14/2 = \sqrt{49} \dots$



À l'école, les nouvelles perspectives sont transmises par les personnes (enseignants, auteurs de livres scolaires) utilisant le langage. Comment les enfants les apprennent-ils ?

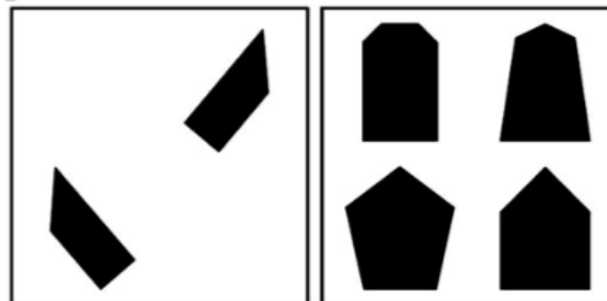
Le langage, les symboles, et l'apprentissage des maths

La taille du vocabulaire des enfants d'âge préscolaire prédit leur apprentissage des nouveaux concepts numériques.

Le discours des parents sur les chiffres prédit un apprentissage réussi des maths à l'école.

À la maternelle, jouer et parler des dizaines et des uns renforce la maîtrise de la signification des mots numériques et des algorithmes arithmétiques.

Les jeux familiaux qui font appel au langage numérique, présentent des symboles spatiaux, et exercent les concepts numériques et spatiaux intuitifs des enfants, favorisent l'apprentissage des maths à l'école.



Negen & Sarnecka, CogSci 2009

Gunderson et al., Dev Psych 2012

Mix et al., J.Cog Lang 2012

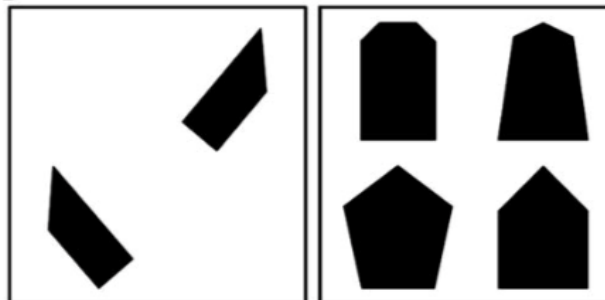
Griffin & Case, SRCD Monogr.. 1996; Ramani & Siegler, Child Dev 2008

Ces résultats peuvent-ils éclairer les interventions précoces visant à améliorer l'apprentissage des maths des enfants indiens ?

Les enfants du primaire doivent apprendre à calculer et à lire.

Ces tâches nécessitent une pratique approfondie, au fil des années, avec deux systèmes de symboles combinatoires écrits : les nombres et les lettres.

Notre hypothèse: En présentant aux enfants d'âge préscolaire des activités qui suscitent des concepts mathématiques intuitifs, dans un environnement rempli de langage et de symboles numériques, et dans un contexte à la fois social et ludique, les enfants peuvent être plus motivés et mieux préparés à affronter ces tâches.



Negen & Sarnecka, CogSci 2009

Gunderson et al., Dev Psych 2012

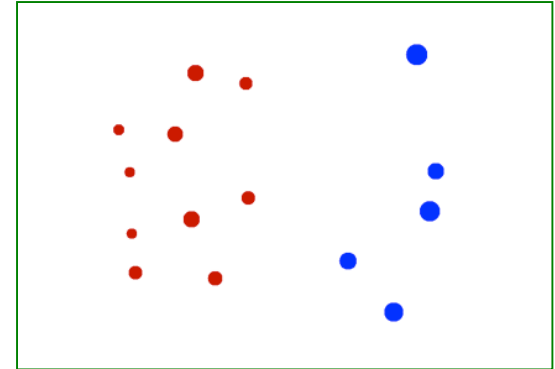
Mix et al., J.Cog Lang 2012

Griffin & Case, SRCD Monogr.. 1996; Ramani & Siegler, Child Dev 2008

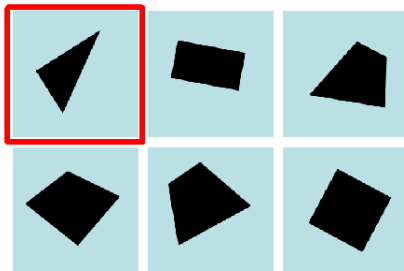
Transformer les expériences sur les nourrissons en jeux sociaux dans les salles de classe, d'abord à Boston....



numerical comparison



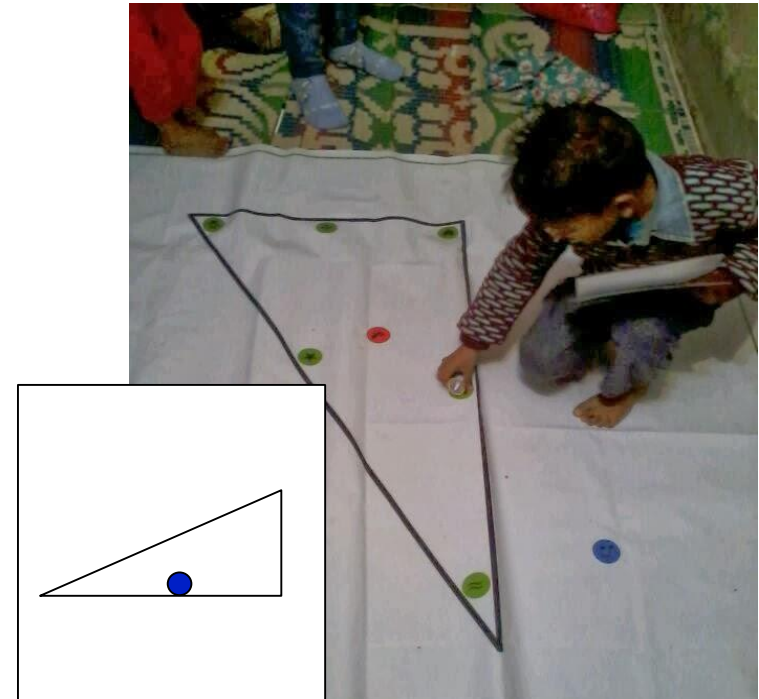
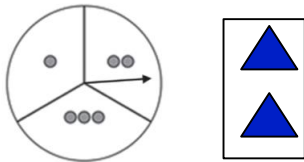
form analysis



...et puis à Delhi.



Les expériences pilotes à Delhi nous ont surpris:



Même si la plupart des enfants de Delhi n'avaient jamais joué à de tels jeux auparavant, ils ont appris à jouer aussi rapidement et efficacement que les enfants de Boston.

Our First Math Games Field Experiment

~1 500 enfants, répartis dans 214 écoles maternelles, dont les enseignants s'attendaient à ce qu'ils commencent l'école l'année suivante. Dans 1/3 des écoles maternelles, les enfants ont joué à 4 jeux mathématiques, chacun basé sur une capacité intuitive trouvée chez les nourrissons. (17 semaines, 3 séances d'1heure/semaine, avec une enseignante spéciale.)



Esther Duflo



Moira Dillon, NYU

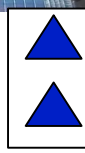
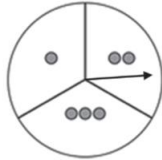
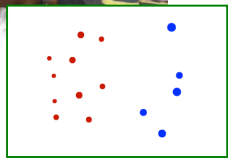


Harini Kannan, JPAL

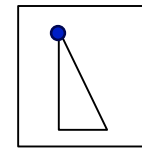
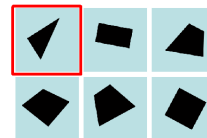


Josh Dean, UChicago

deux jeux de nombres



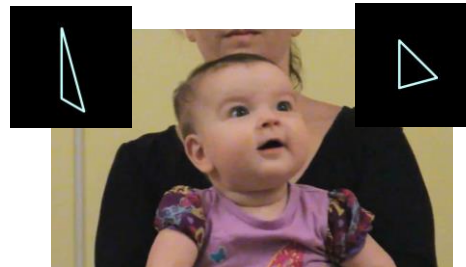
deux jeux de géométrie



number



objects



forms



places



Pratham preschools, Delhi

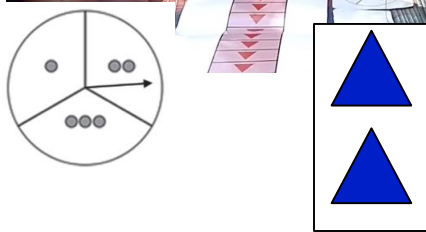
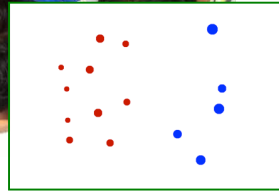
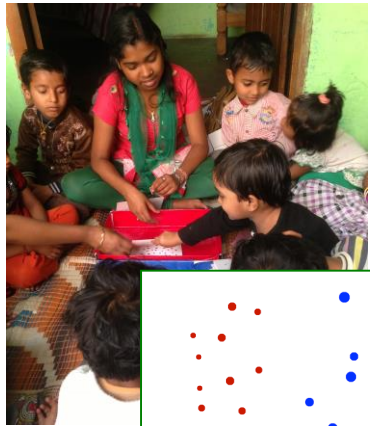
Our First Math Games Field Experiment

Pour évaluer ces jeux, 1/3 des écoles maternelles ont été randomisés dans 3 conditions : jeux maths, contrôle actif et contrôle sans traitement.

two number games

Number comparison

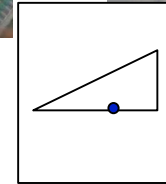
Race to the Top



two geometry games

Find the Shape

Reading Maps



active control: social cognition

no treatment: the Pratham curriculum

<p>"Are there more red dots or blue dots?"</p>	<p>"Is the girl happier in the red room or in the blue room?"</p>
--	---

<p>"Put the token on the spot on the mat that you see in the picture."</p>	<p>"Put the token on the spot on the mat that the face is looking at in the picture."</p>
--	---

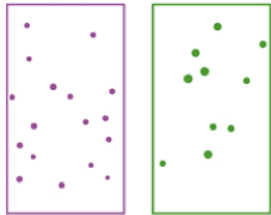
Our First Math Games Field Experiment

Les enfants ont été testés individuellement à la maison, avant l'introduction des jeux et 1 à 3 mois, 6 à 9 mois et 12 à 15 mois après l'intervention (c'est-à-dire au début, au milieu et à la fin de la première année scolaire primaire).

Des tests axés sur :

concepts numériques et spatiaux intuitifs

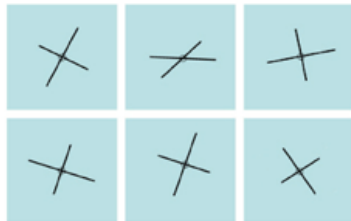
concepts et opérations mathématiques symboliques



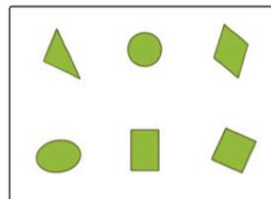
“montrez
l'image avec
plus de points”



“trouver quatorze”



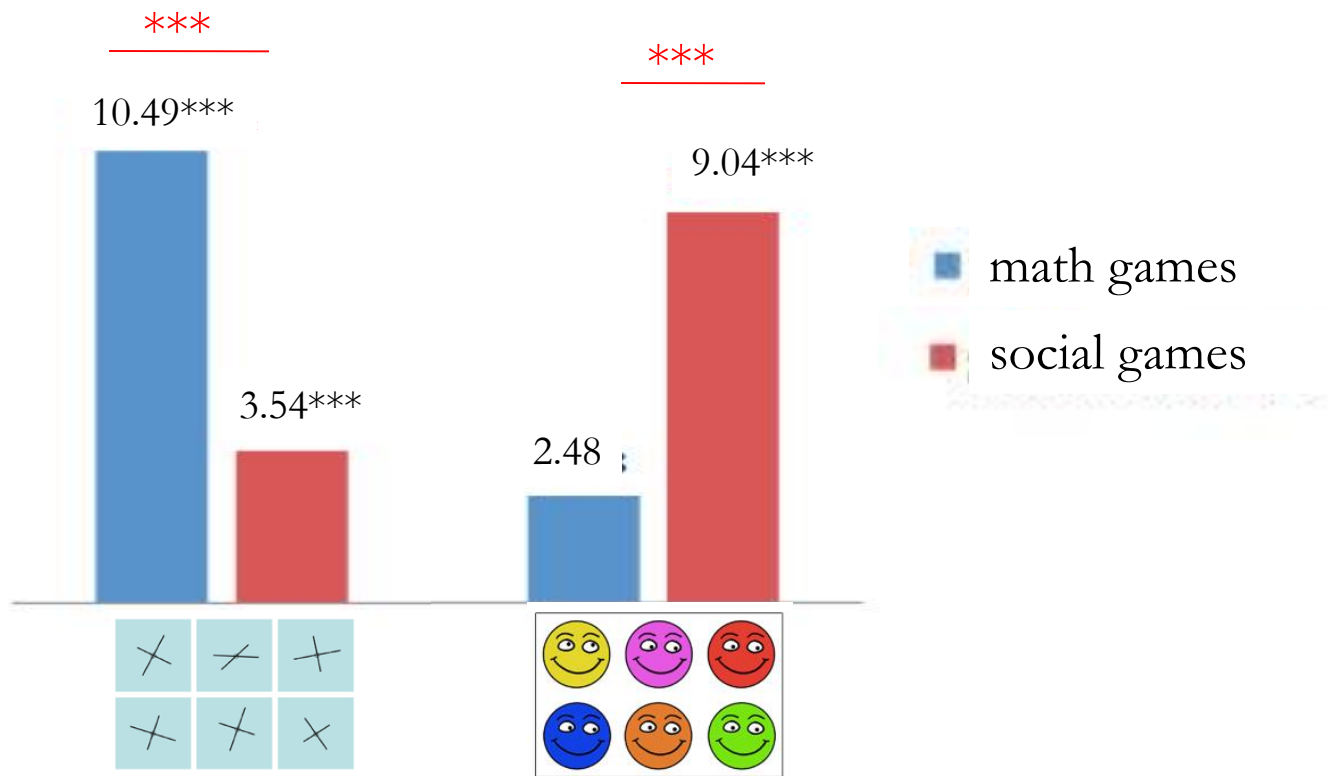
“montrez la
forme qui est
différente”



“trouver l'ovale”

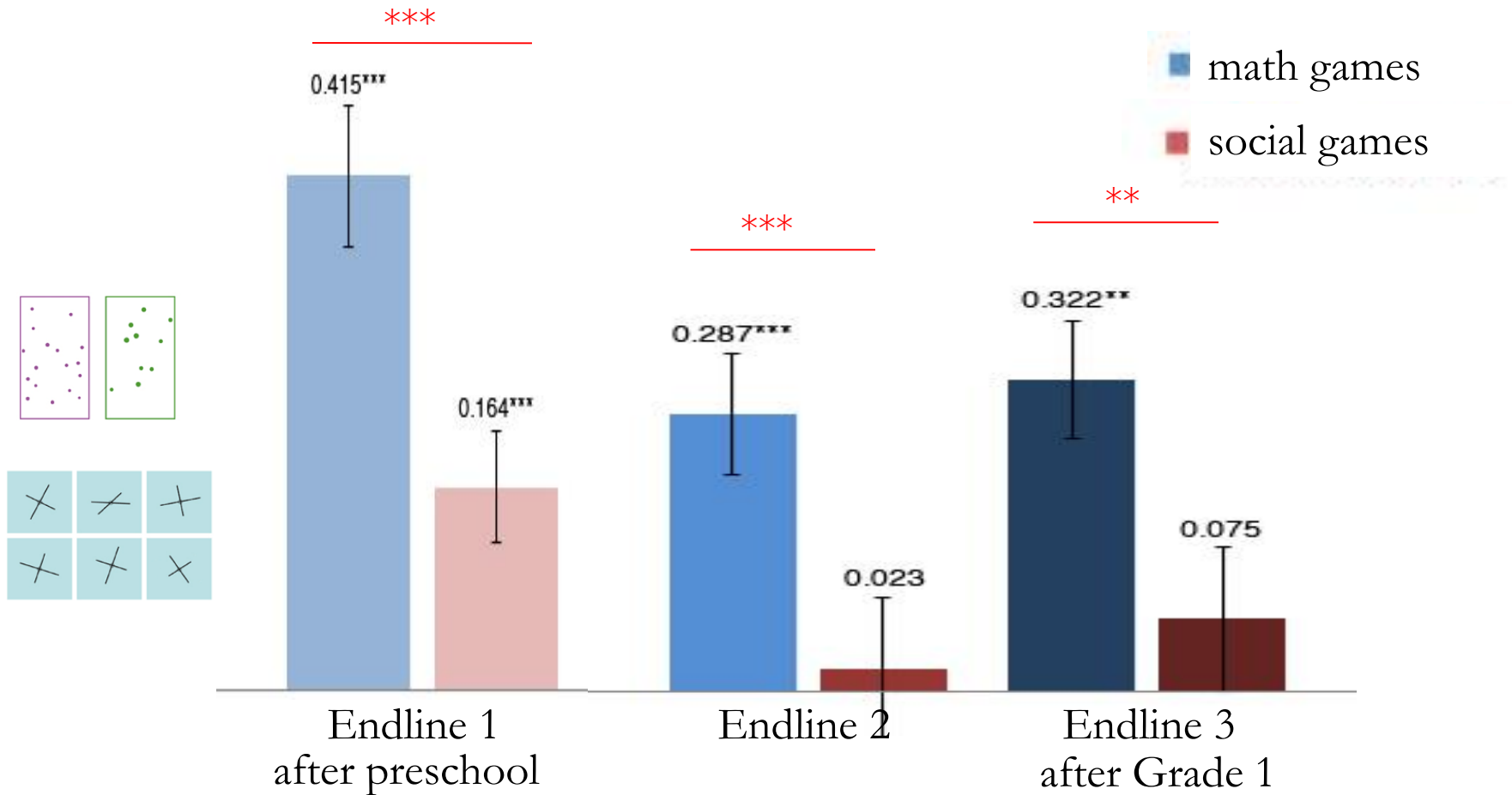
Apprentissage équivalent des jeux de maths et des jeux sociaux

À la fin de l'intervention, les conditions des jeux maths et sociaux ont chacune montré des avantages à peu près égaux et opposés.



NB: Treatment effects in percentage points, relative to no-treatment control. Black stars show significant treatment effects relative to no-treatment control. Red stars show relative treatment effects for math and social games. *** $p < .001$

Résultats : effets sur les tests de mathématiques intuitifs



Un impact durable sur les capacités intuitives exercées par les jeux

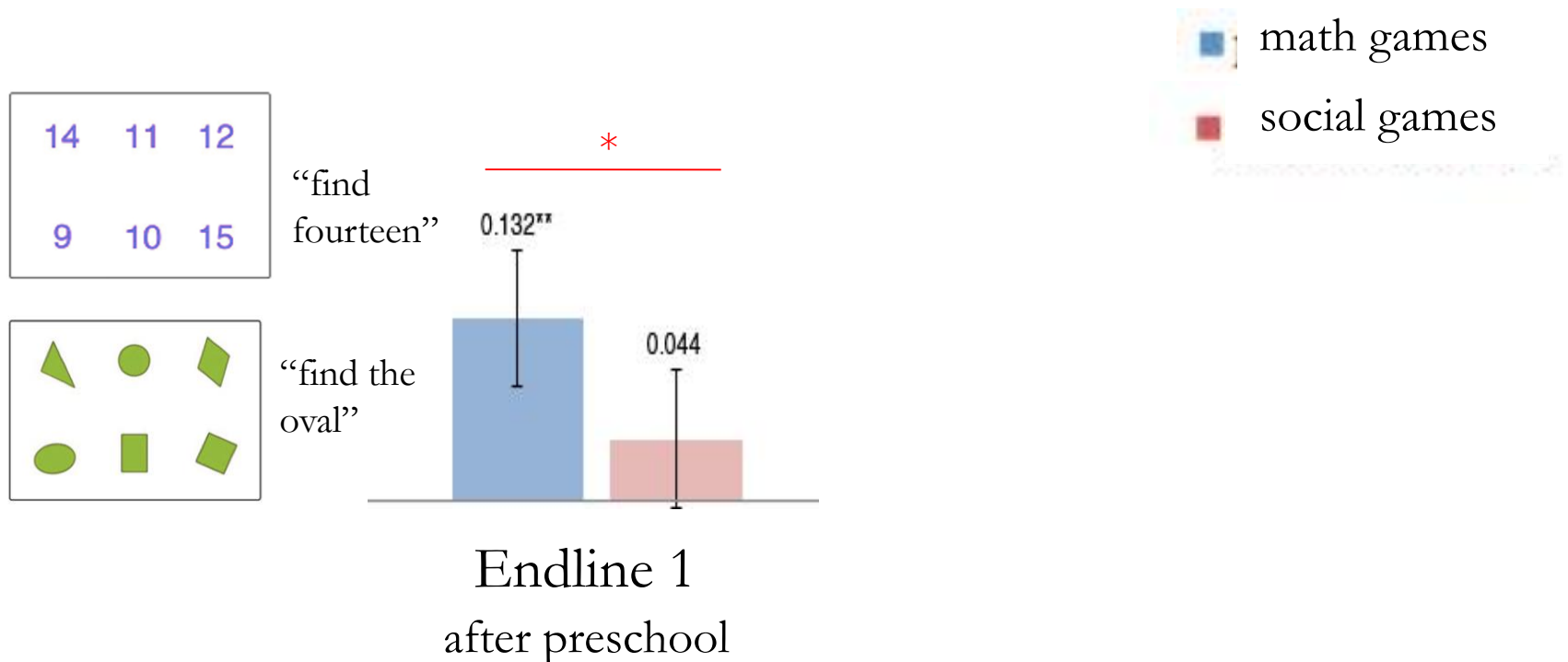
Z-scores from pre-registered measures and analyses; ITT design, error pooled at the school level.

Black stars show significant treatment effects relative to no-treatment control.

Red stars show treatment effects relative to the active control games. ** $p < .01$, *** $p < .001$

.31 = 90th percentile for international math ed interventions: Evans & Yuan, *EdEvPolAnal* 2022

Résultats : effets sur les tests mathématiques symboliques



Un impact, avant le début de la scolarité formelle.

Aucun impact sur l'apprentissage des maths à l'école primaire.

Hypothèse : Les enfants ont besoin de jouer avec les symboles.

Z-scores from pre-registered measures and analyses

Black stars show significant treatment effects relative to no-treatment control.

Red stars show relative treatment effects of math and social games. ** $p < .01$, * $p < .05$

EL1 effect > 70th percentile for internat'l math ed interventions: Evans & Yuan, *EdEvPolAnal* 2022

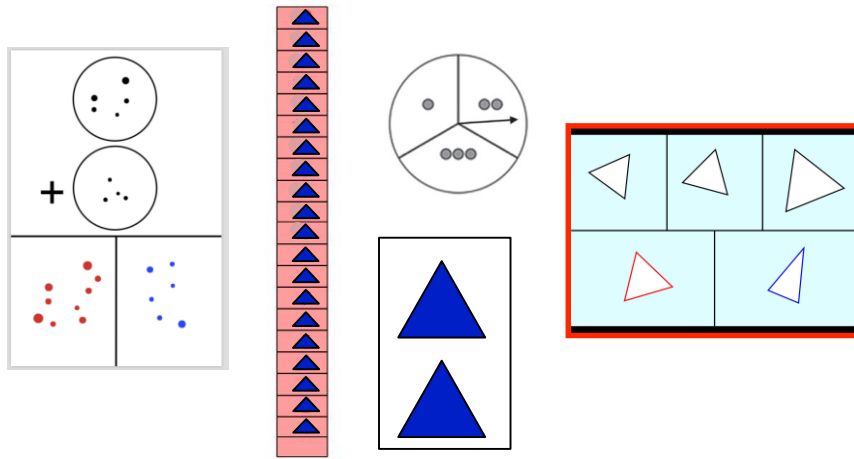
Our Second Math Games Field Experiment



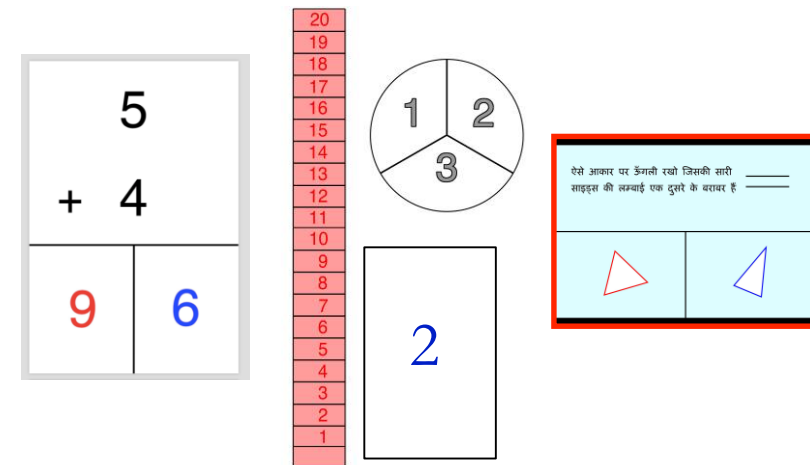
Josh Dean

1 896 enfants dans 231 écoles maternelles de Pratham à Delhi, randomisés selon 4 conditions :

intuitive games



symbolic games



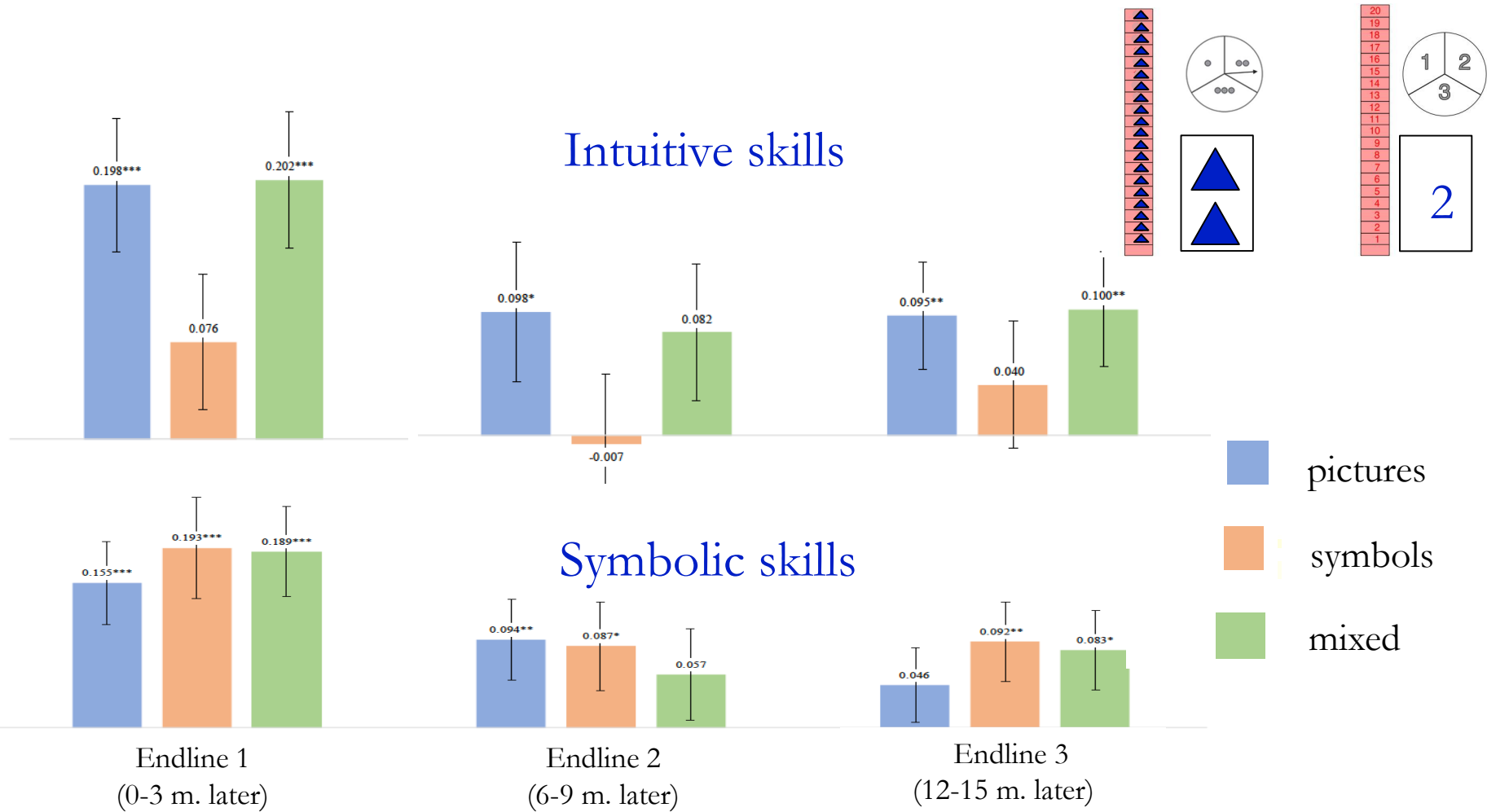
mixed games (half of each, alternating)

no treatment control

58 ecoles maternelles par traitement.

Dans les 3 conditions de traitement, préformation sur les symboles. Le cadre, les méthodes et le calendrier étaient par ailleurs les mêmes que dans l'expérience précédente.

Our Second Math Games Field Experiment



Jeux mathématiques intuitifs et symboliques en synergie.

for mixed games, EL1 > 80% & EL3 > 50% of internat'l math ed interventions: Evans & Yuan, 2022

*p < .05, **p < .01, ***p < .001

Dean, Kannan, Dillon, Duflo & Spelke, *unpublished ms.*, 2024

Our Third Math Games Field Experiment

Teacher-led mixed games in Delhi government schools (CP et CE1)



Modifications des jeux

Pour des raisons pratiques, les enfants ont joué en groupes de 3 à 5, aidant leurs pairs au sein du groupe et rivalisant avec les autres groupes.

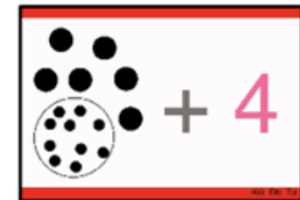
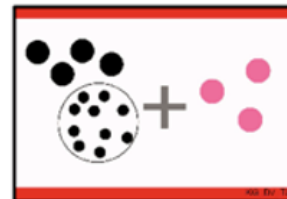
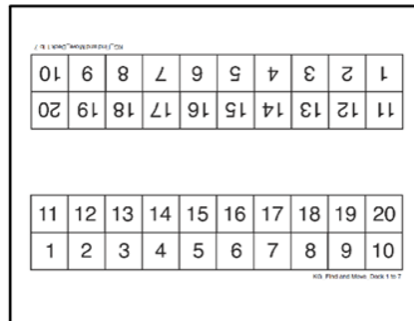
Des cartes et des marqueurs à code couleur suivaient les performances de chaque enfant pour les enseignants.

Conformément au programme de maths de Delhi, les jeux de nombres étaient joués avec des nombres allant jusqu'à 20 (CP) ou 100 (CE1), et des images de nombres au-delà de 9 présentaient des points regroupés par dizaines.

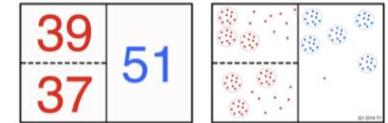
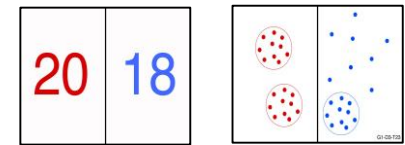
Find the Shape a été joué avec des images de formes et avec des symboles indiquant à la fois le nombre de côtés et leurs longueurs relatives.

Reading Maps et Race to the Top ont été joués avec des cartes et un plateau.

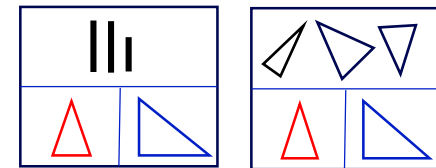
Race to the Top board and cards:



Number comparison cards:



Find the Shape cards:



Modifications des jeux: les affiches

Deux affiches montraient tous les nombres jusqu'à 20 (KG) ou 99 (G1) avec des images intuitives ; quatre affiches, présentées successivement, présentaient toutes les figures géométriques utilisées dans les jeux et les symboles utilisés pour y faire référence. Les enfants ont été conseillés à l'utilisation de ces affiches pour aider à jouer, au fur et à mesure que les jeux augmentaient en difficulté.



Find Shape Poster 1

त्रिकोण 3 3 3	चौकोर 4 4	आयत 4 4	अन्य 4 साइड वाले आकार: अन्य 5 साइड वाले आकार टब 4 डायमंड 4 पतंग 4	घर 5 5 5	6 गोला अंडाकार
------------------------	-----------------	---------------	--	-------------------	----------------------

KG Decks 1-12

Find Shape Poster 2

त्रिकोण 3 3 3	चौकोर 4 4 4	आयत 4 4	टब डायमंड पतंग	घर 5 5 5	गोला अंडाकार
------------------------	----------------------	---------------	----------------------	-------------------	-----------------

KG Decks 13-18

Find Shape Poster 3

त्रिको 3 3 3	चौकोर 4 4 4	आयत 4 4	घर 5 5 5
-----------------------	----------------------	---------------	-------------------

Find Shape Poster 4

त्रिकोण 3 3 3	चौकोर 4 4 4	आयत 4 4	टब डायमंड पतंग	घर 5 5 5
------------------------	----------------------	---------------	----------------------	-------------------

KG Decks 21-24

Modifications des jeux: les procédures

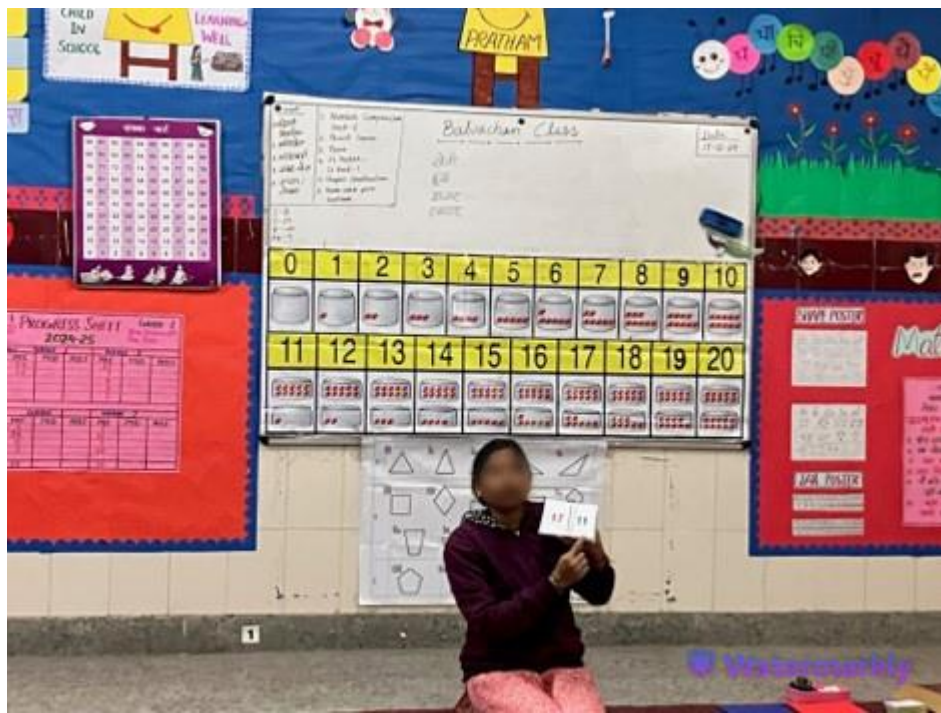
Chaque jour, un jeu se jouait en 3 phases pendant environ 1 heure, pendant le temps des mathématiques :

“I do”: l’enseignant explique le jeu du jour et joue une carte pour la classe.

“You do”: les enfants se portent volontaires pour jouer la carte suivante et un enfant est choisi.

“We do”: les enfants se divisent en groupes qui jouent en parallèle, pendant que l’enseignant observe la classe.

Les enfants sont encouragés à rechercher et à apporter de l’aide aux membres du groupe, et il leur est rappelé de consulter les affiches au besoin.



Méthodes

Participants: 1411 enfants en CP and 1417 enfants en CE1 dans les écoles publiques de Delhi.

Procedure: les jeux sont présentés par les enseignants réguliers et joués au gré de l'enseignant, pendant le temps alloué aux maths.

Design: 141 classes de chaque niveau scolaire ont été randomisées selon la condition de traitement (71 classes par niveau) ou la condition de contrôle sans traitement (70 classes par niveau).

Timing: L'intervention a commencé peu après le début de l'année scolaire et s'est terminée à la fin de celle-ci.

Evaluation: Un prétest et un post-test après la fin de l'année scolaire (0-3 mois après la fin de l'intervention).

Nous avions prévu une nouvelle étape finale, mais elle a été retardée par la pandémie et abandonnée après de longues fermetures d'écoles.

Nail-Biting Questions

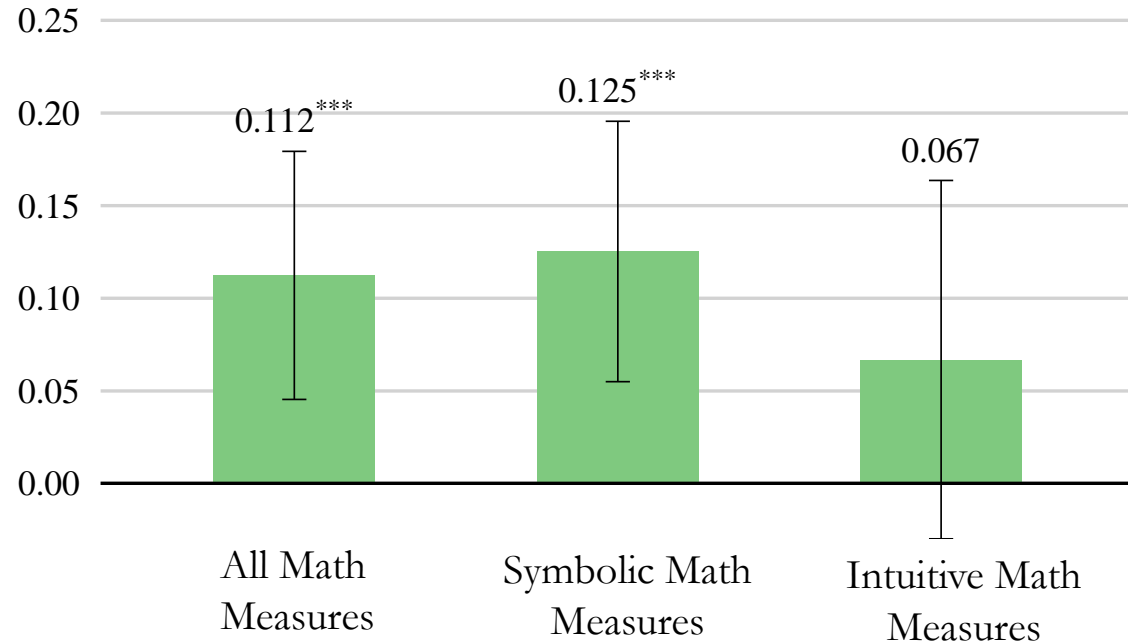
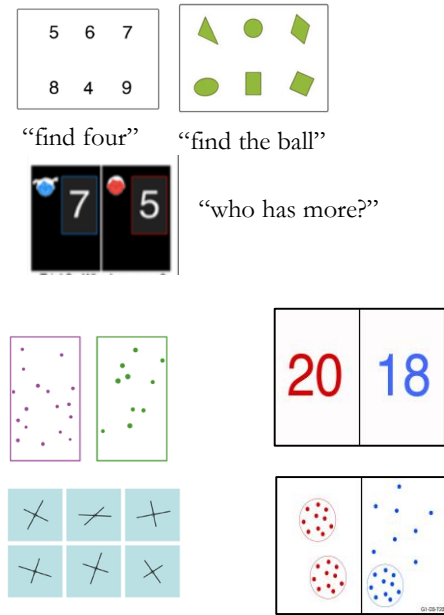
Les jeux développés pour de petits groupes d'enfants « en retrait » seront-ils jouables par des classes entières (avec 30-40 enfants ou plus dans une même pièce), ou mèneront-ils au chaos ?

Les jeux et la réduction de l'enseignement direct seront-ils acceptés par les enseignants ?

Verrons-nous des avantages lorsque les jeux réduiront le temps disponible pour l'enseignement direct ?



Résultats (2019) : Effets des jeux de CP



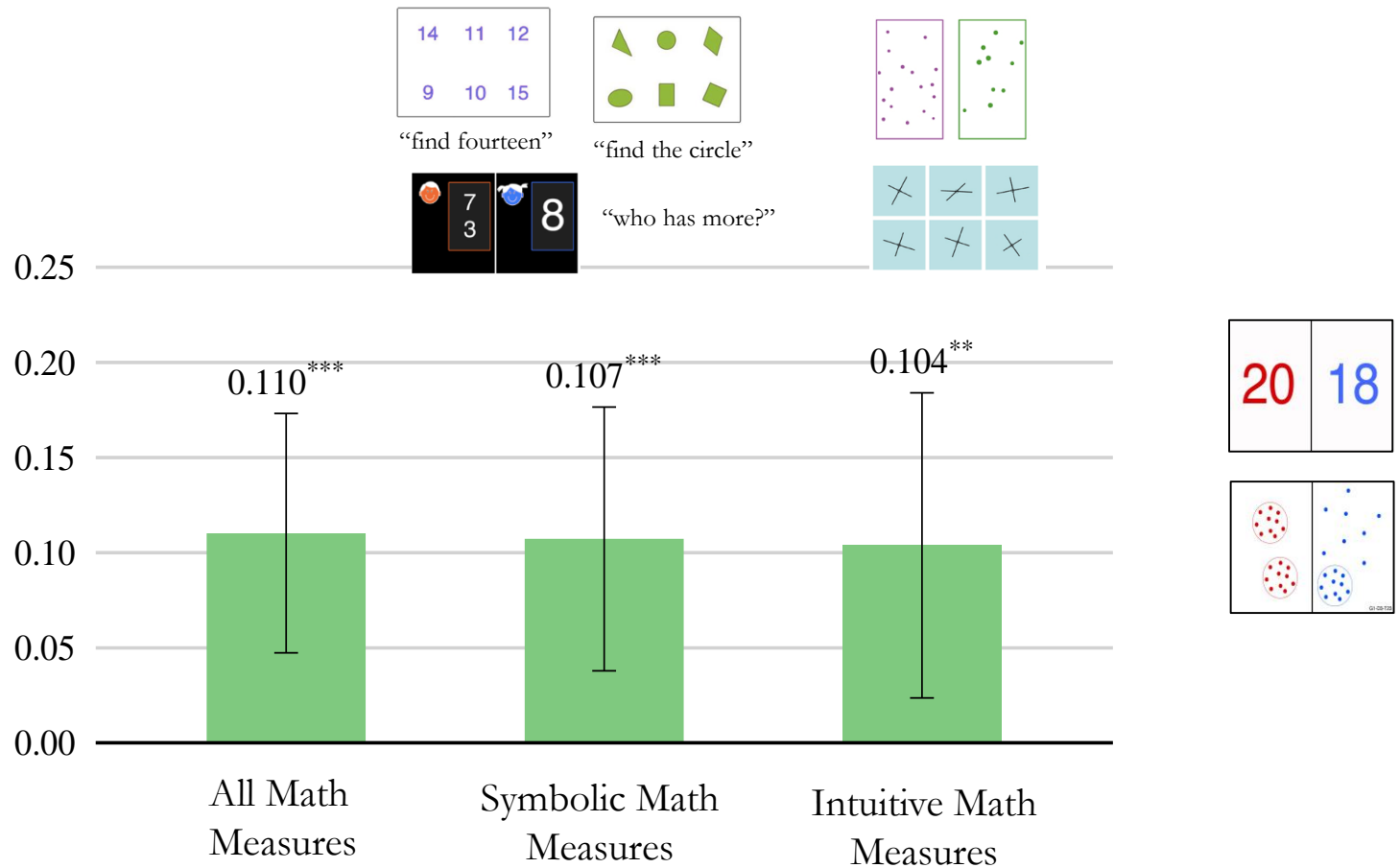
Les jeux de CP ont amélioré les performances en maths dans leur ensemble et dans les tâches symboliques, sans enseignant spécial. Effet non significative, mais dans le bon sens, sur les compétences intuitives : des points groupés par dix étaient peut-être trop difficiles pour certains enfants.

Z-scores from pre-registered measures and analyses.

Black stars show treatment effects relative to no-treatment control. *** $p < .001$

First 2 effects $> 60^{\text{th}}$ percentile for math interventions : Evans & Yuan, *EdEvPolAnal* 2022

Résultats (2019) : Effets des jeux de CE1



Les jeux de CE1 ont amélioré les performances mathématiques des enfants par toutes les mesures.

Z-scores from pre-registered measures and analyses.

Black stars show treatment effects relative to no-treatment control. ** $p < .01$, *** $p < .001$

All effects $> 60^{\text{th}}$ percentile for math interventions : Evans & Yuan, *EdEvPolAnal* 2022

Efforts actuels : projets pilotes visant à intégrer les jeux dans les programmes de mathématiques KG et G1 de Delhi et de 3 États indiens

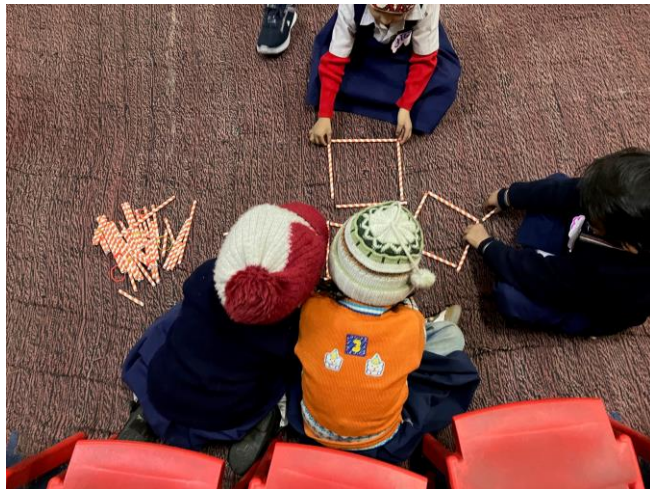
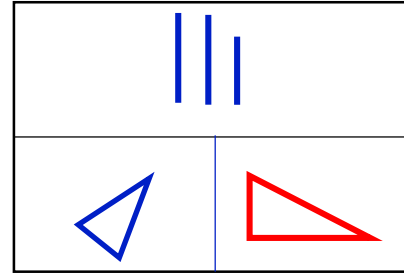
Quatre défis :

1. Adapter les jeux au programme scolaire de chaque État.
2. Rendre les jeux plus portables.
3. Améliorer la motivation des enfants à jouer aux jeux et leur engagement dans le jeu.
4. Améliorer l'apprentissage des règles et des symboles par les enfants.

En relevant ces défis, les enseignants participants sont devenus nos partenaires, et ils ont amélioré les jeux.

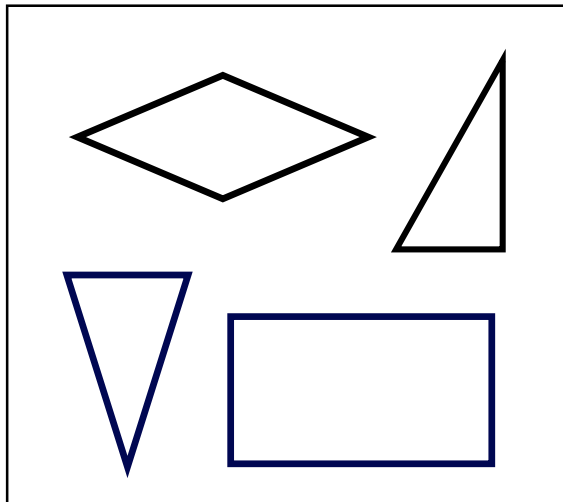
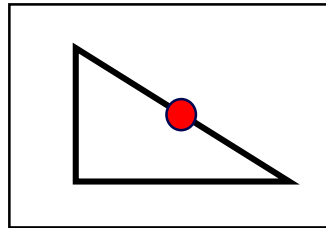
Deux améliorations suggérées par les enseignants : De nouveaux et meilleurs jeux de géométrie.

Find the Shape:

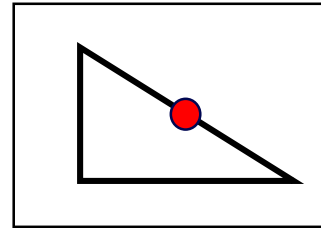


Deux améliorations suggérées par les enseignants : De nouveaux et meilleurs jeux de géométrie.

Reading Maps, our version:
joué avec carte et tableau



Reading Maps, teachers' version:
Une vraie tache de navigation



Pourquoi les jeux mathématiques étaient-ils efficaces ?

Ma réponse : Nous ne le savons pas.

Des hypothèses :

Les jeux ont fonctionné, car

- (a) Ils s'appuient sur des connaissances de base universelles.
- (b) Les affiches donnent à l'enfant le pouvoir de se corriger et alors de s'instruire.
- (c) Les jeux sont joués par des groupes d'enfants, et alors ils invitaient la conversation et l'aide mutuel des enfants.
- (d) Les jeux sont ludiques et sociales, et alors ils ont fait le bonheur des enseignants et des enfants.

Ce sont de bonnes conditions pour apprendre.

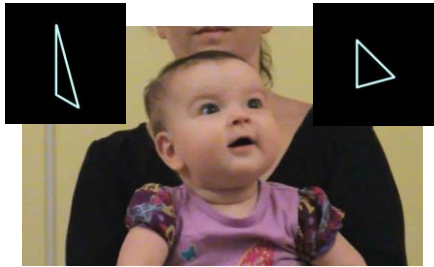
Back to Core Knowledge



objects
continuity, solidity
tracking



places
distance, direction
navigating



geometry
length, angle
categorizing



number
order, composition
statistical learning



social beings
engagement, experience
social networking



agents
cause, cost, goal
action planning

Socially guided learning in early childhood

Les enfants apprennent de préférence des personnes avec lesquelles ils interagissent. Ce sont des personnes qui :

Parlent leur langue maternelle avec un accent natif

Chantent des chansons dont ils ont appris les mélodies auprès d'un parent à la maison, mais pas les chansons apprises à partir d'un enregistrement.

Partagent de la nourriture avec eux ou avec les membres de leur famille.

Savent des choses qu'eux et les membres de leur famille savent.

Les enfants sont probablement prédisposés à apprendre auprès de personnes dont les connaissances et les compétences culturelles sont similaires à celles de leur milieu familiale.

Pourquoi, alors, les enfants indiens, dont la culture familiale diffère de celle de l'école, ont-ils appris grâce aux jeux mathématiques ? Quatre raisons possibles

1. Les jeux mathématiques s'appuient sur des connaissances de base universelles: les enfants sont prêts à les comprendre et à s'y impliquer.
2. Les affiches des jeux mathématiques donnent aux enfants les moyens de guider leur propre apprentissage: les enfants sont fiers de leur capacité à surmonter les obstacles et à apprendre par eux-mêmes.
3. En jouant en groupe, les enfants sont prédisposés à enseigner et à apprendre des autres enfants, qui partagent leur culture.
4. Les routines « Je fais, tu fais, nous faisons » augmentent la motivation des jeunes enfants à s'engager et à apprendre de leur enseignant.

Children may learn best in places where they feel they belong.



CENTER FOR
Brains
Minds+
Machines



Merci!



Kailash Rajah



Alejandro Ganimian



Abhijit Banerjee



Ashley Thomas



Moira Dillon



Josh Dean



Veronique Izard



Ghislaine

DOUGLAS B. MARSHALL, JR.
FAMILY FOUNDATION



Esther Duflo



Harini Kannan



Rukmini Banerji



Brandon Woo



Stanislas Dehaene