



Institut de recherche
et de documentation pédagogique

Conférence intercantonale de l'instruction publique de la Suisse romande et du Tessin



Le numérique au service de l'évaluation : exemple issu d'une expérimentation en Mathématiques

Géraldine Hoffer et Isaline Ruf

Équipe de conception *EpRoCom* de l'IRDP

Plan de la présentation

1. Contexte

2. Plus-values du numérique : quelques résultats

- Adaptativité
- Recueil de traces

3. Conclusion

CONTEXTE

Projet *EpRoCom* et *PistEval*

Projet *EpRoCom*

- Travaux romands intercantonaux → projet EpRoCom
- Découle de la Convention scolaire romande (CSR, 2007), demande qui émane du politique
- **Objectifs** : mise à disposition des cantons romands et de leurs enseignant·es d'exemples de ressources évaluatives
→ évaluation de **compétences** liées au PER



Projet *EpRoCom* et *PistEval*

PistEval : des pistes pour l'évaluation

- Tâches soumises à un processus de validation, puis accessibles via la plateforme PER-MER
- Accompagnées d'éclairages théorico-didactiques
- En Français et en Mathématiques (8^e année)

Pistes pour l'évaluation - Mathématiques - 8^e année

Ressources évaluatives

Accueil

Eclairages

Ressources évaluatives

Rechercher...

MSN 21 Espace

- Figures géométriques planes et solides
- Transformations géométriques
- Repérage dans le plan et dans l'espace

MSN 22 Nombres

MSN 23 Opérations

MSN 24 Grandeurs et mesures

MSN 25 Modélisation

MSN 21 – Figures géométriques planes et solides

Les tâches sont affichées par ordre alphabétique de leur titre. Il est ainsi possible que, pour certaines d'entre elles, le chapitre du PER sélectionné soit secondaire par rapport aux éléments évalués à travers celles-ci.

Le cube NOUVEAU

> Doc. à télécharger

Tâche technique	Tâche d'application	Problème	Problème atypique
		X	

Résoudre un problème d'interprétation de la représentation d'un cube (MSN21), faisant aussi appel au calcul de volume (MSN24)

► DÉTAILS DE LA TÂCHE

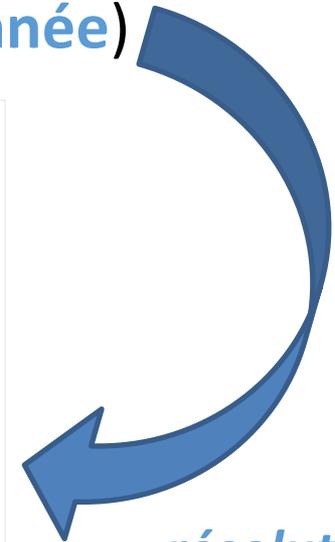
Le paquet (question b) NOUVEAU

> Doc. à télécharger

Tâche technique	Tâche d'application	Problème	Problème atypique
		X	

Résoudre un problème de calcul de longueurs (MSN24), faisant aussi appel à l'interprétation de la représentation d'un parallélépipède rectangle (MSN21)

► DÉTAILS DE LA TÂCHE



*résolution
de problèmes*



Projet *EpRoCom* et *PistEval*

Test pilote 2023

- Printemps 2023 : test pilote auprès de **56 classes** (plus de 1000 élèves)
- Mathématiques : **dispositif exploratoire** pour évaluer la résolution de problème (support numérique)
- 5 problèmes sur **support informatisé** (tablette)



Pourquoi des tâches informatisées ?

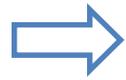
- ... expérimenter la **résolution de problèmes en Mathématiques** sur support numérique
- ... inscription de **l'Éducation numérique** dans le PER → arrivée en force dans les classes
- ... nécessité d'anticiper la formation des enseignant·es dans **l'usage du support informatisé pour l'évaluation** (référentiel de compétences pour la formation qui l'évoque)
- ... tester les **fonctionnalités** offertes par le support informatisé



Exploiter les plus-values du numérique



Principales plus-values du numérique



Exploiter les plus-values du numérique

- **Adaptativité** didactiquement ancrée (interaction immédiate)
- **Données** récoltées



limites → contraintes

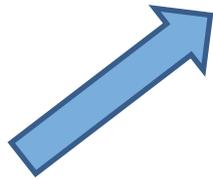


ADAPTATIVITÉ

Effet des relances et des adaptations

Adaptativité

 Interaction
immédiate



relances

Message d'alerte permettant de recentrer l'élève sur son travail

- rappeler les contraintes de l'énoncé
- éviter que l'élève ne se perde

 *didactiquement ancré (analyse à priori)*



Effet des relances et des adaptations

Message d'alerte permettant de recentrer l'élève sur son travail

- rappeler les contraintes de l'énoncé
- éviter que l'élève ne se perde

relances

→ didactiquement ancré (analyse à

Analyse des données récoltées afin d'estimer leur pertinence.
→ Effet «positif», «neutre» ou «négatif»



Exemple de relances

L'élève dispose de 5 étiquettes composées d'une virgule et de 4 chiffres. Avec celles-ci, il ou elle doit former tous les nombres possibles compris dans un intervalle donné.*

chiffre 1

chiffre 2

chiffre 3

chiffre 4

virgule

**Pour des raisons de confidentialité, la tâche effectivement proposée aux élèves lors du test pilote de 2023 ne peut être montrée ici.*

Exemple de relances

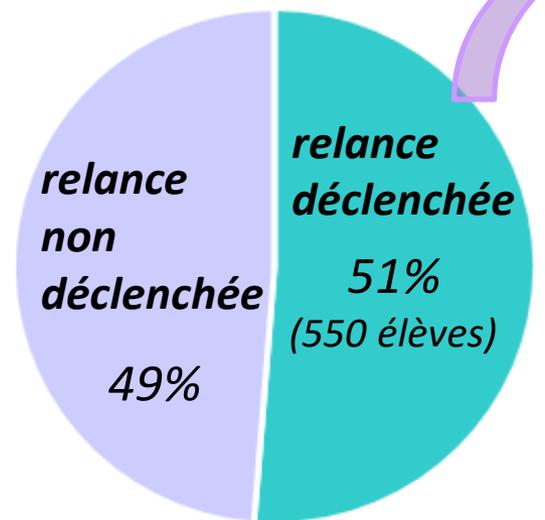


Dès que 3 nombres hors intervalle sont formés, une alerte s'affiche pour rappeler l'intervalle. Elle est proposée à l'élève autant de fois que nécessaire.

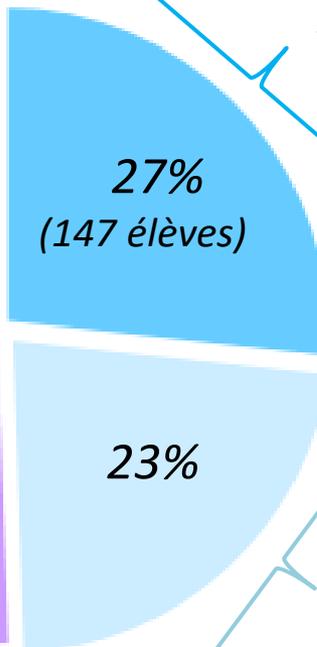
🔊) **Les nombres formés doivent être compris entre et**

Effet de la relance

Les nombres formés doivent être compris entre et



n'effacent aucun nombre hors intervalle, qui restent tous présents dans la réponse



effacent un ou plusieurs nombres hors intervalle, mais il en reste dans la réponse

**On peut se demander si la formulation, qui reprend mot pour mot celle de l'énoncé, est adéquate. Il semble en effet que plusieurs élèves n'ont pas compris cette notion d'intervalle.*

Premières conclusions, premiers constats

- Relance assez innovatrice, car elle n'est pas centrée sur la réponse.
- Une relance doit être minutieusement et didactiquement pensée (également en termes de formulation) pour représenter une aide pour l'élève.
 - Une relance est difficile à anticiper, elle doit être bien calibrée.
- Les élèves doivent apprendre à utiliser cette interactivité. Cela doit faire partie des apprentissages à mener.



Effet des relances et des adaptations

Adaptativité

 Interaction
immédiate

relances

- Message d'alerte** permettant de recentrer l'élève sur son travail
- rappeler les contraintes de l'énoncé
 - éviter que l'élève ne se perde

 *didactiquement ancré (analyse à priori)*

adaptations

Tâche supplémentaire d'approfondissement (plus ou moins complexe)

- évaluer plus finement la maîtrise de la compétence
-  *didactiquement ancré (analyse à priori)*



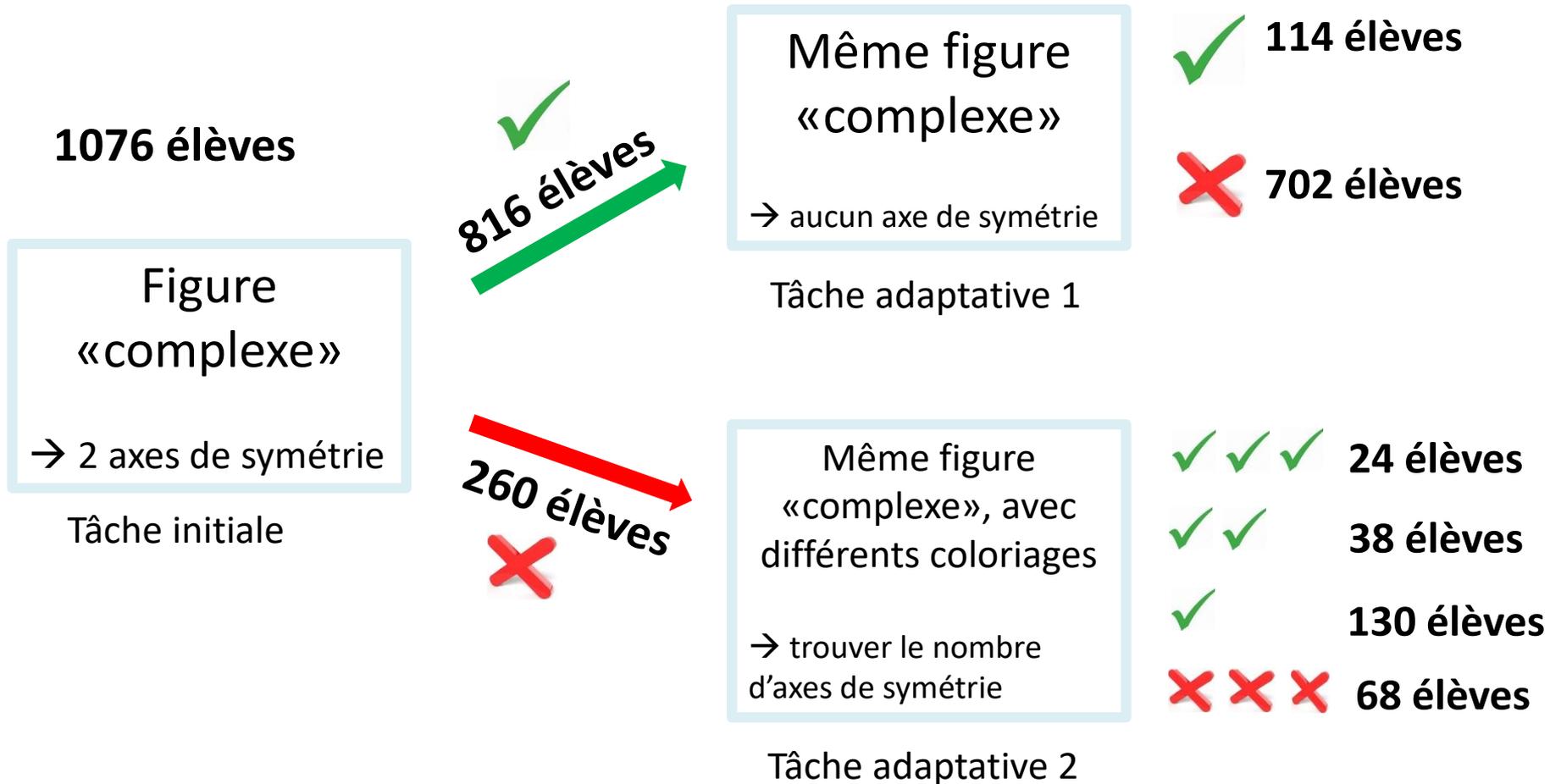
Exemple de tâche adaptative

On donne une figure «complexe». L'élève doit en colorier certaines parties de manière à ce que la figure ait exactement deux axes de symétrie.*



**Pour des raisons de confidentialité, la tâche effectivement proposée aux élèves lors du test pilote de 2023 ne peut être montrée ici.*

Exemple de tâche adaptative - résultats



Premières conclusions, premiers constats

- L'idée est d'affiner l'évaluation de la compétence (en allant creuser à l'endroit supposé de la difficulté rencontrée par l'élève).
- L'adaptativité d'une tâche a un grand potentiel au service notamment du diagnostic.



RECUEIL DE TRACES

RECUEIL DE TRACES

Recueil de traces grâce à la calculatrice intégrée

Le problème «Taxi»

TAXI

connecté

Le prix d'une course en taxi comprend :

- la prise en charge de 9 francs;
- 1,50 franc par kilomètre parcouru.

Quelle distance a parcourue un client qui a payé 42 francs ?



Réponse: Ce client a parcouru km. 

Suivant

RECUEIL DE TRACES

Recueil de traces grâce à la calculatrice intégrée

Le problème «Taxi»

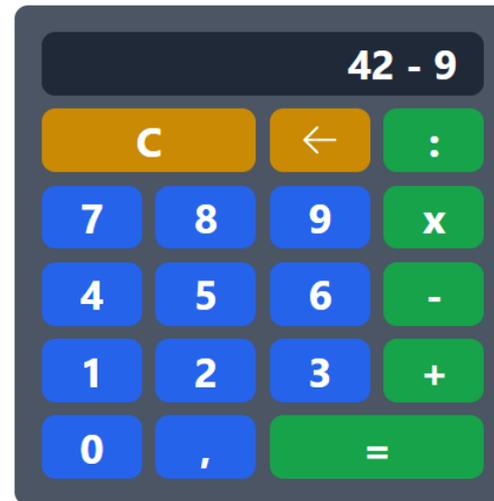
TAXI

connecté

Le prix d'une course en taxi comprend :

- la prise en charge de 9 francs;
- 1,50 franc par kilomètre parcouru.

Quelle distance a parcourue un client qui a payé 42 francs ?



Réponse: Ce client a parcouru km. 

Suivant

RECUEIL DE TRACES

Recueil de traces grâce à la calculatrice intégrée

Le problème «Taxi»

TAXI

connecté

Le prix d'une course en taxi comprend :

- la prise en charge de 9 francs;
- 1,50 franc par kilomètre parcouru.

Quelle distance a parcourue un client qui a payé 42 francs ?

$$42 - 9 = 33$$



Réponse: Ce client a parcouru km.

Suivant

RECUEIL DE TRACES

Recueil de traces grâce à la calculatrice intégrée

Le problème «Taxi»

TAXI

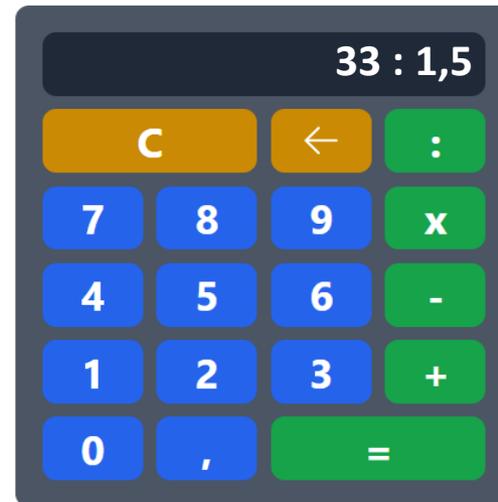
connecté

Le prix d'une course en taxi comprend :

- la prise en charge de 9 francs;
- 1,50 franc par kilomètre parcouru.

Quelle distance a parcourue un client qui a payé 42 francs ?

$$42 - 9 = 33$$



Réponse: Ce client a parcouru km.

Suivant

RECUEIL DE TRACES

Recueil de traces grâce à la calculatrice intégrée

Le problème «Taxi»

TAXI

connecté

Le prix d'une course en taxi comprend :

- la prise en charge de 9 francs;
- 1,50 franc par kilomètre parcouru.

Quelle distance a parcourue un client qui a payé 42 francs ?

$$42 - 9 = 33$$

$$33 : 1,5 = 22$$

Procédure de
résolution
«experte»



Réponse: Ce client a parcouru km.

Suivant

RECUEIL DE TRACES

Recueil de traces grâce à la calculatrice intégrée

Le problème «Taxi»

TAXI

connecté

Le prix d'une course en taxi comprend :

- la prise en charge de 9 francs;
- 1,50 franc par kilomètre parcouru.

Quelle distance a parcourue un client qui a payé 42 francs ?

$$1,5 \times 10 = 15$$

$$1,5 \times 20 = 30$$

$$1,5 \times 21 = 31,5$$

$$1,5 \times 22 = 33$$

$$33 + 9 = 42$$

Procédure
«correcte» par
multiplications
successives



Réponse: Ce client a parcouru km.

Suivant

Recueil de traces

Recueil de traces grâce à la calculatrice intégrée

Le problème «Taxi»

TASK	MAT-TAX	COMPLETED	279.412
WAITING	MAT-TAX-1-FIRST-USAGE		3.353
WAITING	MAT-TAX-1-REP	UNDONE	64.404
WAITING	MAT-TAX-1-CON	UNDONE	279.412
INPUT	MAT-TAX-1-COMPUTATION	1,50*10=15	
INPUT	MAT-TAX-1-COMPUTATION	1,50*20=30	
INPUT	MAT-TAX-1-COMPUTATION	1,50*21=31,5	
CLICK	MAT-TAX-1-ERASE-COMPUTATION	1,50*21=31,5	
INPUT	MAT-TAX-1-COMPUTATION	1,50*22=33	
INPUT	MAT-TAX-1-COMPUTATION	33+9=42	
CLICK	MAT-TAX-1-SUBMIT-ANSWER		22

Les calculs sont «traduits»
sous forme de ligne d'actions
dans un fichier Excel

Enregistrement
de chaque
calcul effectué
et/ou effacé



Recueil de traces

Méthodologie d'analyse des procédures

Étape 1

**avant le
test pilote**

**analyse didactique à
priori du problème**

caractérisation de quelques
procédures de résolution

Recueil de traces

Étape 1

avant le
test pilote

analyse didactique à
priori du problème

caractérisation de quelques
procédures de résolution

6 procédures caractérisées

Experte 1	$42 - 9 = 33$ $33 : 1,50 = 22$
Correcte 2 Procédure additive	$9 + 1,50 = 10,50$ $10,50 + 1,50 = 12$ $12 + 1,50 = 13,50$... $39 + 1,50 = 40,50$ $40,50 + 1,50 = 42$
Correcte 3 Ajustement d'essais successifs	$9 + (1,50 \times 2) = 12$ $9 + (1,50 \times 6) = 18$ $9 + (1,50 \times 10) = 24$ $9 + (1,50 \times 20) = 39$ $9 + (1,50 \times 22) = 42$
Incorrecte 4 Non considération de la prise en charge	$42 : 1,50 = 28$
Incorrecte 5 Représentation erronée de la prise en charge	$42 : (9 + 1,50) = 4$
Incorrecte 6 Mathématisation incorrecte de la situation	$42 \times 1,50 = 63$

Recueil de traces

Méthodologie d'analyse des procédures

Étape 1

**avant le
test pilote**

**analyse didactique à
priori du problème**

caractérisation de quelques
procédures de résolution

Étape 2

**après le
test pilote**

**analyse aléatoire
de 50 productions**

identification de procédures
supplémentaires

Recueil de traces

Étape 2

après le
test pilote

analyse aléatoire
de 50 productions

identification de procédures
supplémentaires

Exemples de procédures identifiées lors de l'analyse *a priori*

Experte 1	Correcte 2	Correcte 3	Incorrecte 4	Incorrecte 5	Incorrecte 6
	Procédure additive	Ajustement d'essais successifs	Non considération de la prise en charge	Représentation erronée de la prise en charge	Mathématisation incorrecte de la situation
L'élève calcule le prix payé pour la distance parcourue hors prise en charge, puis le nombre de km parcourus.	L'élève ajoute aux frais de prise en charge le montant à payer pour 1 à 4 km parcourus, jusqu'à arriver au montant donné.	Par ajustement d'essais successifs, l'élève recherche le nombre de km correspondant au montant payé, hors frais de prise en charge.	L'élève divise le montant payé par le cout kilométrique et omet de prendre en compte les frais de prise en charge (9 francs).	L'élève additionne les frais de prise en charge, au cout kilométrique, et divise le montant payé par le résultat obtenu.	L'élève multiplie le prix payé par le cout kilométrique et ne prend pas en compte les frais de prise en charge de 9 francs.
42-9=33	9+1,50=10,5	1,50*30=45	42/1,50=28	42/1,0=42	42/1,5=28
33/1,50=22	10,5+1,50=12	1,50*30=45	42/1,50=28	42/1,0=42	9/1,50=6
22	12+1,50=13,5	1,50*21=31,5	1,50/42=0,035...	42/1,50=28	6*1,5=9
	13,5+1,50=15	1,50*21=31,5	1,50/42=0,035...	42/1,50=28	42*1,5=63
	15+1,50=16,5	1,50*25=37,5	42/1,50=28	9+1,50=10,5	6
	16,5+1,50=18	1,50*25=37,5	28	42/10,50=4	63
	18+3=21	1,50*26=39		4	
	21+3=24	1,50*26=39			
	24+6=30	42-9=33			
	30+6=36	1,50*20=30			
	36+6=42	1,50*21=31,5			
	22	1,50*21=31,5			
		1,50*22=33			
		22			

Recueil de traces

Étape 2

après le
test pilote

analyse aléatoire
de 50 productions

identification de procédures
supplémentaires

Exemples de procédures supplémentaires identifiées lors de l'analyse des productions

Incorrecte 7 Représentation erronée de la prise en charge	Incorrecte 8 Mathématisation incorrecte de la situation	Incorrecte 9 Mathématisation incorrecte de la situation	Incorrecte 10 Mathématisation incorrecte de la situation	Incorrecte 11 Mathématisation incorrecte de la situation	Non catégorisée 12
L'élève considère de manière erronée les 9 francs de prise en charge, en les soustrayant au résultat obtenu après avoir divisé le montant payé par le cout kilométrique.	L'élève se représente la situation de manière erronée, en multipliant les frais de prise en charge par le cout kilométrique.	L'élève se représente la situation de manière erronée. Il divise les frais de prise en charge par le cout kilométrique.	L'élève se représente la situation de manière erronée et divise le cout kilométrique par le montant payé. Il ou elle ne confronte pas son résultat au réel et à sa cohérence.	L'élève se représente la situation de manière erronée et soustrait les 9 francs de prise en charge au montant payé, sans diviser le résultat par le cout kilométrique.	L'élève ne parvient vraisemblablement pas à se représenter la situation et effectue des opérations non pertinentes.
$42/1,50=28$	$9*1,50=13,5$	$5/6=0,833\dots$	$9/1,5=6$	$1,50*1000=1500$	$1,50*9=13,5$
$1,50*28=42$	$9*1,50=13,5$	$5/6=0,833\dots$	$9/1,5=6$	$1,50*1000=1500$	$1,50*9=13,5$
28	$9*1,50=13,5$	$9/1,50=6$	$9+1,50=10,5$	$42/1,5=28$	$9*1,50=13,5$
$28-9=19$	$13,5*3=40,5$	6	$1,5/42=0,035$	$28*1000=28000$	$9*1,50=13,5$
$19+9=28$	$40,5+1,50=42$		0,035	$42-9=33$	$1,50/9=0,166\dots$
$28*1,50=42$	13			33	$1,50/9=0,166\dots$
19	13,5				$0,166*9=1,494$
					1,494

Recueil de traces

Méthodologie d'analyse des procédures

Étape 1

avant le
test pilote

analyse didactique à
priori du problème

caractérisation de quelques
procédures de résolution

Étape 2

après le
test pilote

analyse aléatoire
de 50 productions

identification de procédures
supplémentaires

Étape 3

indicateurs



Recueil de traces

Étape 3

essais de répartition
«automatisée»

vérification et ajustement

Indicateurs

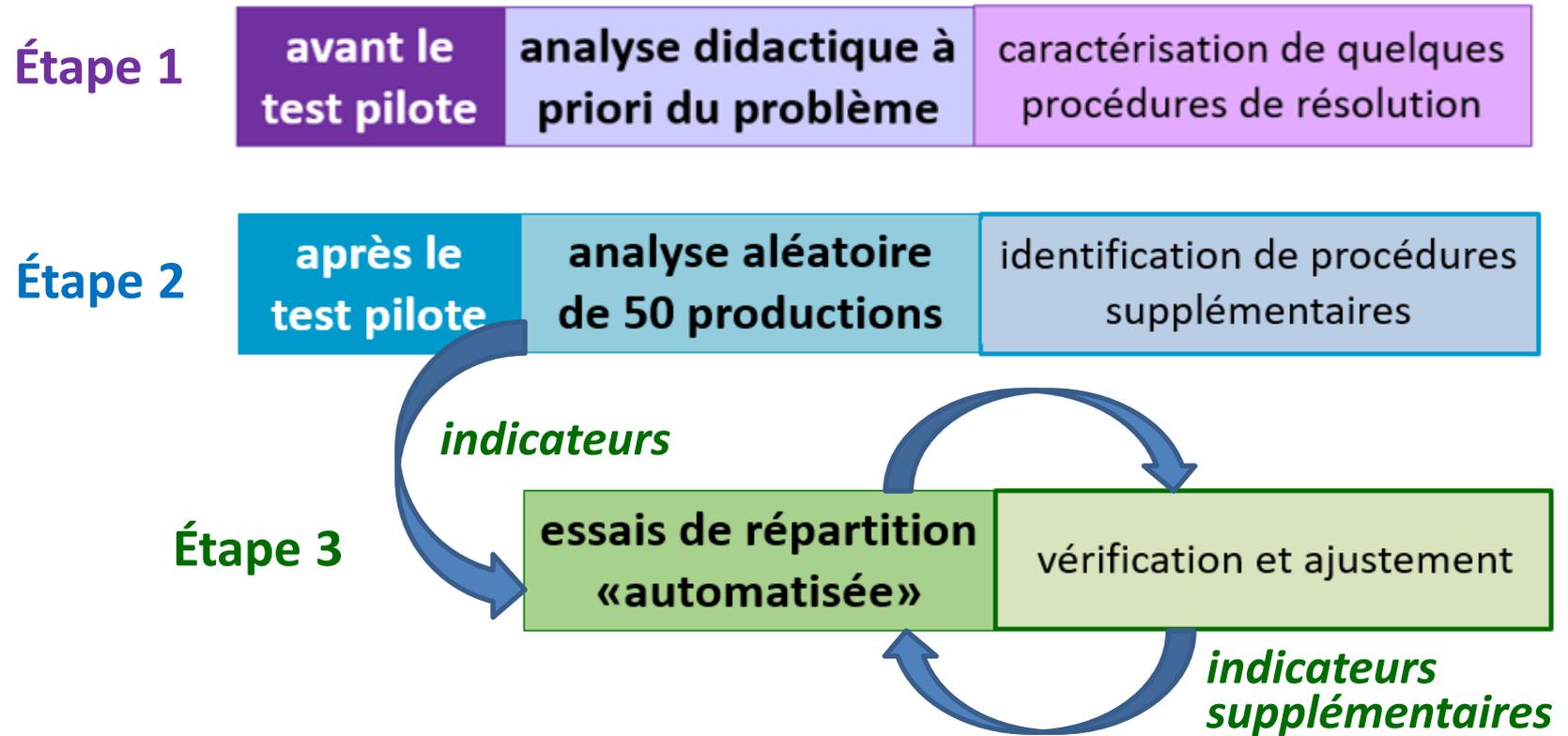
- Réponse soumise
- Présence/absence de certains calculs
- Nombre de calculs effectués

Réponse enregistrée	Nombre d'élèves
28	343
22	296
63	98
33	37
4	28
19	25
6	22
37	18
13,5	16
Sous-total	883
Autres réponses	194
Total	1077

Hoffer & Ruf, soumis

Recueil de traces

Méthodologie d'analyse des procédures



Recueil de traces

Étape 3

essais de répartition
«automatisée»

vérification et ajustement

Procédure	Critères	Indicateurs
Correcte 2 Procédure additive	Réponse	<ul style="list-style-type: none">Réponse = 22
	Calcul du prix total pour différentes distances, par ajustement d'essais successifs: additionner de manière réitérée 1,50 à 9 jusqu'à obtenir 42	<ul style="list-style-type: none">minimum 2 additions de type ... + 1,50
	Indicateurs réponse = 22 <u>ET</u> min 2 additions +1,50	1) $9+1,50=10,5$ $10,5+1,50=12$ $12+1,50=13,5$ $13,5+1,50=15$ $15+1,50=16,5$ $16,5+1,50=18$ $18+3=21$ $21+3=24$ $24+6=30$ $30+6=36$ $36+6=42$ 2) 22

Recueil de traces

Étape 3

essais de répartition
«automatisée»

vérification et ajustement

Procédure	Critères	Indicateurs
<p>Correcte 2</p> <p>Procédure additive</p>	<p>Réponse</p>	<ul style="list-style-type: none"> Réponse = 22
	<p>Calcul du prix total pour différentes distances, par ajustement d'essais successifs: additionner de manière répétée 1,50 à 9 jusqu'à obtenir 42</p>	<ul style="list-style-type: none"> minimum 2 additions de type ... + 1,50
	<p>Exemple (2 it</p>	<p>Indicateurs réponse = 22 <u>ET</u> min 2 additions +1,50 <u>OU</u> +3 <u>OU</u> +6 <u>OU</u> +12</p>
	<p>Exemple identique après révision (1 indicateur, mais procédure correcte ②)</p>	<p>Indicateurs supplémentaires</p> <ul style="list-style-type: none"> + 3, ou + 6, ou +12
	<p>B</p>	<p>1) 22</p> <p>12+12=24 15+24=39 39+3=42</p>

Hoffer & Ruf, soumis

Recueil de traces

Étape 3

essais de répartition
«automatisée»

vérification et ajustement

Procédure	Critères	Indicateurs
Incorrecte 4 non prise en compte d'une contrainte, mais mobilisation "experte" de la division	Réponse	<ul style="list-style-type: none">• Réponse = 28
	Calcul du nombre de km parcourus, sans tenir compte de la prise en charge	<ul style="list-style-type: none">• Calcul : $42 / 1,5 = 28$
	Exemple – 2 indicateurs	1) $42/1,50=28$ 2) 28

Indicateurs
réponse = 28
ET
calcul $42/1,5(0)=28$



Hoffer & Ruf, soumis

Recueil de traces

Étape 3

essais de répartition
«automatisée»

vérification et ajustement

Procédure	Critères	Indicateurs
Incorrecte ④ non prise en compte d'une contrainte, mais mobilisation "experte" de la division	Réponse	<ul style="list-style-type: none"> Réponse = 28
	Calcul du nombre de km parcourus, sans tenir compte de la prise en charge	<ul style="list-style-type: none"> Calcul : $42 / 1,5 = 28$
	Exemple – 2 indicateurs	1) $42/1,50=28$ 2) 28
Exemple identifié après révision (1 indicateur, mais procédure incorrecte ④) E	$4200/150=28$ 1) 28	Indicateur supplémentaire <ul style="list-style-type: none"> $4200/150=28$ ou $420/15=28$

Indicateurs
réponse = 28
ET
calcul $42/1,5(0)=28$
OU $4200/150=28$
OU $420/15=28$

Hoffer & Ruf, soumis

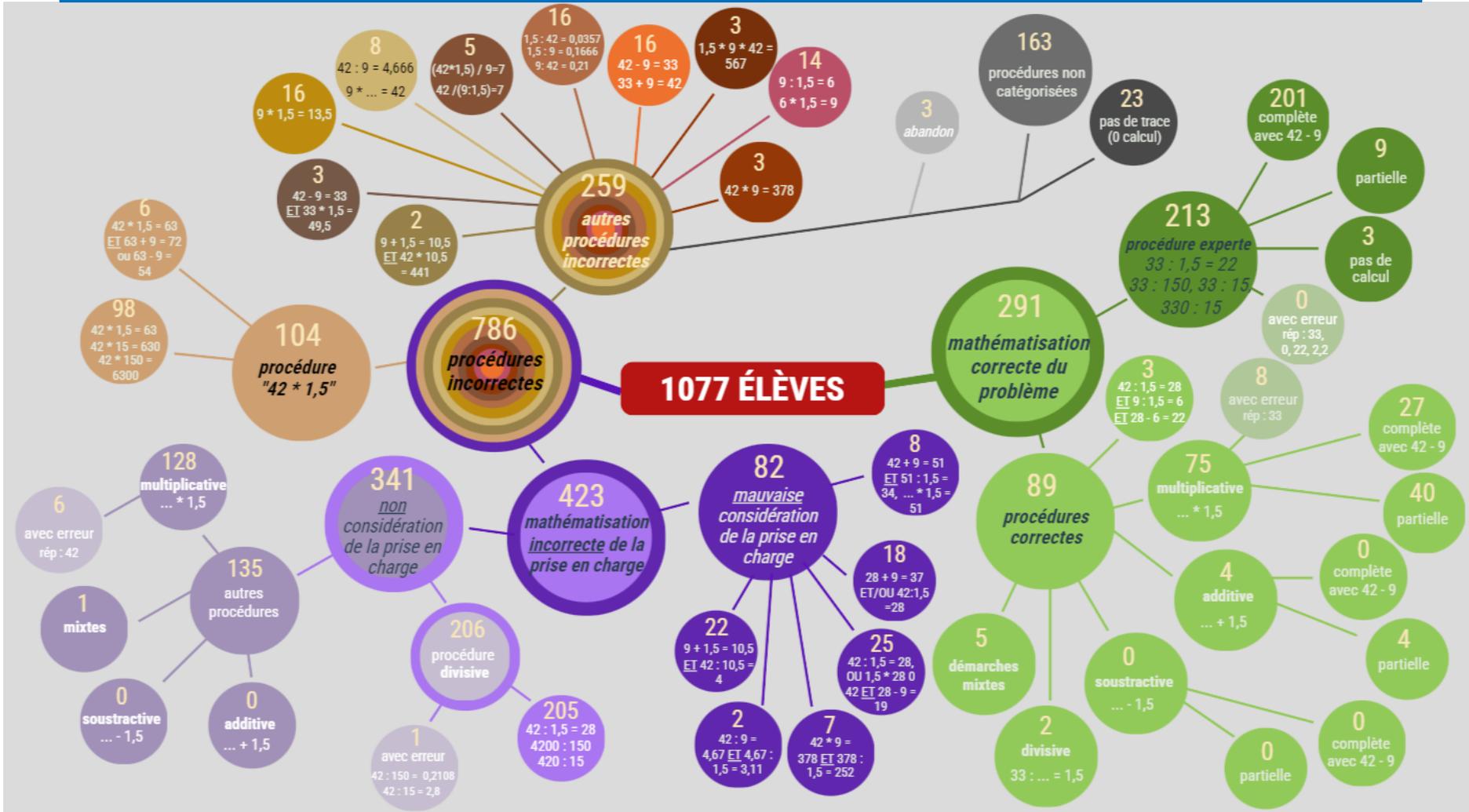
Problèmes mathématiques informatisés

Résultats de l'analyse en 3 étapes

1077 ÉLÈVES

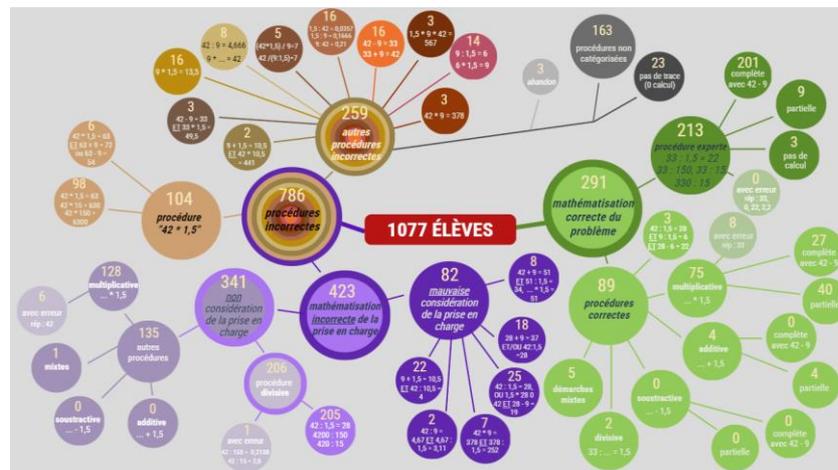
Problèmes mathématiques informatisés

Résultats de l'analyse en 3 étapes



Premières conclusions, premiers constats

- L'évaluation de la résolution de problèmes sur support numérique est possible (outils embarqués : calculatrice) → **plus-value par rapport au support papier-crayon** en termes de traces récoltées.
- Difficile d'automatiser entièrement et de manière reproductible le traitement des données (*data process*) → **déterminer le degré de finesse voulu** en fonction du feedback



Conclusion

- On peut évaluer la résolution de problèmes sur support informatisé, lequel offre des **plus-values** par rapport au papier/crayon
 - **adaptativité**
! à bien calibrer
 - **richesse des données récoltées**
! niveau de finesse souhaité et nécessaire à définir
- À terme : **outil d'assistance** à l'évaluation diagnostique pour l'enseignant·e en classe (pour en savoir où en sont ses élèves)
 - *feedback à l'enseignant·e et à l'élève → remédiation appropriée*

Ressources bibliographiques

- Bessonneau, P., Arzoumanian, P. & Pastor, J. M. (2015). Une évaluation sous forme numérique est-elle comparable à une évaluation de type « papier-crayon »? *Éducation et formations*, 86-87, 159-182. <https://dx.doi.org/10.48464/ef-86-87-08>
- Greiff, S., Wüstenberg, S. & Avvisati, F. (2015). Computer-generated log-file analyses as a window into students' minds? A showcase study based on the PISA 2012 assessment of problem solving. *Computers & Education* 91, p.92-105.
- Grapin, N., & Sayac, N. (2022). From paper-pencil to tablet-based assessment: a comparative study at the end of primary school. In Twelfth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME12).
- Hoffer, G. & Ruf, I. (soumis). L'évaluation de la résolution de problèmes sur support informatisé : présentation d'une expérimentation. *Revue de Mathématiques pour l'école*.
- Jean-Daubias, S. (2002). Un système d'assistance au diagnostic des compétences en algèbre élémentaire. *Sciences et techniques éducatives*
- Hakem, K., Sander, E. & Labat, J.-M. (2005). DIANE (Diagnostic Informatique sur l'Arithmétique au Niveau Élémentaire). <hal-00005704>
- Salles, F., Dos Santos, R. & Keskpai, S. When didactics meet data science: process data analysis in large-scale mathematics assessment in France. *Large-scale Assess Educ* 8, 7 (2020). <https://doi.org/10.1186/s40536-020-00085-y>
- Stacey, K., Steinle, V., Price, B., Gvozdenko, E. (2018). Specific Mathematics Assessments that Reveal Thinking: An Online Tool to Build Teachers' Diagnostic Competence and Support Teaching. In: Leuders, T., Philipp, K., Leuders, J. (eds) *Diagnostic Competence of Mathematics Teachers*. *Mathematics Teacher Education*, vol 11. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66327-2_13
- Steinle, V., & Stacey, K. (2012). Teachers' views of using an on-line, formative assessment system for mathematics. In *Pre-proceedings. 12th International Congress on Mathematical Education Topic Study Group*, 33, 8 July–15 July, 2012 (pp. 6721–6730). Seoul: COEX.
- Wyatt-Smith, C., Lingard, B. et Heck, E. 2019. Évaluations numériques des apprentissages et les mégadonnées : Conséquences sur le professionnalisme des enseignants. *Recherche et prospective en éducation*, UNESCO, Paris. [Réflexions thématiques, n° 25

Merci pour votre attention !

