HAL open science

CONTRARIER L'INTUITION POUR EVALUER L'APPROPRIATION D'ELEMENTS DE METHODE SCIENTIFIQUE A LA MATERNELLE ?

Estelle Blanquet

To cite this version:

Estelle Blanquet. CONTRARIER L'INTUITION POUR EVALUER L'APPROPRIATION D'ELEMENTS DE METHODE SCIENTIFIQUE A LA MATERNELLE ?. Frédéric Charles. Graines de scientifiques en maternelle. Explorer le monde du vivant, des objets et de la matière, EDP Sciences; Université Grenoble Alpes Editions, 2021, 978-2-7598-3561-5. hal-03224591

HAL Id: hal-03224591

https://hal.science/hal-03224591

Submitted on 11 May 2021

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

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

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

CONTRARIER L'INTUITION POUR EVALUER L'APPROPRIATION D'ELEMENTS DE METHODE SCIENTIFIQUE A LA MATERNELLE?

Estelle BLANQUET
LACES EA 7437, INSPE d'e l'Académie de Bordeaux, Université de Bordeaux

Estelle.blanquet@u-bordeaux.fr

Les programmes mettent aujourd'hui l'accent sur l'intérêt de l'évaluation tant pour les enseignants en termes de régulation des apprentissages que pour leurs élèves, auxquels elle offre la possibilité de prendre conscience de leurs progrès (Eduscol, 2019a et b). Selon le Ministère de l'Éducation Nationale l'évaluation des élèves de maternelle par les enseignants doit en effet être conçue :

> *d'abord comme une pratique professionnelle qui permet de réguler les enseignements, de manière dynamique et positive. Ainsi permet-elle de proposer :*
> *- des ajustements qui encourageront chaque enfant à s'engager et progresser dans les apprentissages,*
> *- des étayages qui renforceront les premiers acquis,*
> *- des situations suffisamment ambitieuses qui susciteront l'envie d'apprendre encore davantage*

Pour cela, il est demandé aux enseignants « *d'envisager des pratiques pédagogiques favorisant l'observation directe, régulière dans des situations ordinaire variées* » pour « *éviter que l'évaluation n'empiète sur les temps d'apprentissages* ». Pour effectuer ces observations, il est alors possible de « *créer une situation particulière d'évaluation, d'aménager donc l'activité des enfants (d'un groupe parfois), pour effectuer des observations ciblées* ».

Dans l'idéal, pour limiter la multiplication des moments d'évaluation, ces outils peuvent être conçus pour présenter une certains polyvalence et permettre, par exemple, selon le type de traitement des données recueillies, aussi bien une évaluation directe du niveau des élèves par leur enseignant, qu'une analyse statistique *a posteriori* à des fins de recherche. C'est par exemple le cas du test E.co.s.se pour la compréhension syntaxico-sémantique d'énoncés.

Le site internet Eduscol propose aux enseignants différents « observables et indicateurs de progrès » relatifs au domaine de l'exploration du monde du vivant, des objets et de la matière (Eduscol, 2019b). Y sont indiquées un certain nombre d'actions dont l'enseignant peut observer la réussite ainsi que les contextes, circonstances, dispositifs et activités pouvant donner lieu à ces observations (reconnaître et nommer des plantes, savoir que les animaux ont besoin de boire, trier et comparer des matériaux en fonction de caractéristiques physiques, etc.). Aucun de ces indicateurs ne porte toutefois sur l'appropriation d'éléments de méthode scientifique par les jeunes élèves.

De fait, les attendus du programme du cycle 1 relatifs au domaine « explorer le monde » (MEN, 2015) ne font état d'aucune demande explicite d'apprentissage d'éléments de méthode scientifique par les jeunes élèves :

> *Reconnaître les principales étapes du développement d'un animal ou d'un végétal, dans une situation d'observation du réel ou sur une image.*
> *Connaître les besoins essentiels de quelques animaux et végétaux.*
> *Situer et nommer les différentes parties du corps humain, sur soi ou sur une représentation.*
> *Connaître et mettre en œuvre quelques règles d'hygiène corporelle et d'une vie saine.*
> *Choisir, utiliser et savoir désigner des outils et des matériaux adaptés à une situation, à des actions techniques spécifiques (plier, couper, coller, assembler, actionner...).*
> *Réaliser des constructions ; construire des maquettes simples en fonction de plans ou d'instructions de montage.*
> *Utiliser des objets numériques : appareil photo, tablette, ordinateur.*
> *Prendre en compte les risques de l'environnement familier proche (objets et comportements dangereux, produits toxiques).*

De nombreux chercheurs considèrent même qu'il est non seulement possible mais également souhaitable d'initier tôt les jeunes élèves à l'investigation scientifique (Saçkes & al., 2011 ; Lederman, & al. 2019).

Plusieurs approches sont possibles. La plus répandue est une approche *top-down*, qui consiste à adapter au niveau des élèves une vision aussi consensuelle que possible de la science professionnelle : pour y parvenir, elle adapte et simplifie les exigences et les contraintes de la science, des sommets de la recherche jusqu'au niveau des classes maternelles, par des reformulations et des édulcorations successives des attendus (Blanquet & Picholle, 2017).

Valarie Akerson et ses collaborateurs (Akerson & Abd-El-Khalick, 2005 ; Akerson & Donelli, 2010) ont ainsi systématiquement adapté des propositions conçues pour des lycéens à des élèves du niveau Grande Section de l'école maternelle. Selon eux, « *il ressort clairement de notre travail que des enfants n'ayant pas plus de cinq ans peuvent commencer à développer des conceptions appropriées à propos de la nature de la science lorsqu'on leur enseigne effectivement ces idées au travers de démarches d'investigation qui insistent sur elles et les connectent à des contenus enseignés à ce niveau. »*[1] (Akerson *et al*., 2010). Par ailleurs, les élèves de maternelle leur apparaissent « *mieux capables de conceptualiser la créativité scientifique, la nature provisoire, observationnelle et empirique de la science que ses éléments subjectifs et sociaux.* »[2] (*idem*) Une difficulté inhérente à cette approche est toutefois la construction de formulations toujours plus simplifiées, avec le risque d'une perte de sens considérable. La proposition « *La science est fondée sur une base empirique* » (Lederman &

---

[1] *It is clear from our research with these populations in a variety of contexts that young children can indeed improve their conceptions of NOS toward the accepted views of NOS /…/ (and that) students as young as five begin to conceptualize NOS ideas. /…/ The NOS aspects need to be explicitly connected to the science investigations that the students are conducting. In other words directly connecting students' NOS understandings to the science content by asking students to reflect on the science investigations in which they were involved.*

[2] *[A review of several studies that focused on improving young children's conceptions of NOS] also shows that some NOS aspects, such as observation and inference, creativity, tentativeness and the empirical NOS are more readily accessible to students than subjectivity or the socio-cultural aspects of NOS.*

al., 2002) peut ainsi devenir « *La science étudie des choses* » (Akerson & Donelli, 2010) pour des élèves de 6-7 ans. Une approche alternative, qu'on peut qualifier de *bottom-up* (Blanquet & Picholle, 2017), consiste à identifier dans la diversité des pratiques scientifiques et des analyses épistémologiques des éléments de méthode essentiels mais suffisamment simples et concrets pour être aisément transférables à l'école primaire (Blanquet, 2014).

Après avoir exposé succinctement dans une première partie quelques uns des éléments de méthode scientifique accessibles à des enfants de 3-6 ans, nous présenterons le processus de développement d'un outil polyvalent pour évaluer leur appropriation. Nous décrirons ensuite en détail cet outil, un entretien s'appuyant sur une expérimentation à réaliser avec les élèves. Nous montrerons par ailleurs l'intérêt pour la recherche en didactique des sciences des données ainsi recueillies.

Eléments de méthode scientifique pour l'école maternelle

Après une présentation rapide des éléments de méthode scientifique accessible à l'école maternelle (Blanquet & Picholle, 2016, Blanquet, 2014), nous discuterons plus en détail des trois qui feront l'objet de l'outil d'évaluation proposée dans la seconde partie de ce chapitre, à savoir la primauté de l'expérience, la reproductibilité et la robustesse. Des présentations plus détaillées des autres éléments de méthode scientifique pertinents à l'école maternelle, comme le recul (qui consiste à distinguer le monde physique et ses représentations et à naviguer entre les deux explicitement), sont accessibles en ligne (Blanquet & Picholle, 2017, Blanquet & Picholle 2015, 2012a&b, 2011a&b, Blanquet, 2010).

Cinq éléments ont dans un premier temps été identifiés par la chercheuse comme potentiellement accessibles aux élèves de maternelle (primauté de l'expérience, test de sa reproductibilité (répétabilité et réplicabilité) et de sa robustesse, recul, navigation entre le général et le particulier (ou exploitation du spectre de généralité). Ils constituent un sous-ensemble d'un ensemble plus large d'éléments de scientificité adaptés à la science scolaire primaire résumés dans le tableau suivant (Blanquet & Picholle, 2017).

Méthodologie scientifique	Observation/ Expérience	Discours & Représentations	Argumentation & Théorisation
Primauté de l'expérience **Recul** **Exploitation du spectre de généralité** **Intégrité** **Transmission**	**Opportunité** **Répétabilité** **Réplicabilité** **Robustesse** **Exhaustivité de la documentation** **Économie de la documentation**	**Cohérence lexicale** **Cohérence symbolique** **Non-contradiction interne** **Non-contradiction externe** **Non vacuité** **Relativité**	**Cohérence logique** **Non scolasticité** **Univocité (d'une loi)** **Robustesse (d'une loi)** **Économie (d'une loi)**

Tableau 1. Éléments de scientificité adaptés à la science scolaire primaire

Des entretiens avec des élèves ayant participé à des séquences de sciences incluant un travail sur ces éléments ont ensuite mis en évidence leur capacité à se les approprier en contexte (Blanquet, 2014). Par ailleurs, il a été demandé à des conseillers pédagogiques « maternelle » et des enseignants de maternelle de classer ces différents éléments de méthode scientifique du plus au moins facile selon eux à travailler avec leurs élèves afin de sonder leur perception de la faisabilité d'un travail sur la méthode scientifique. La primauté de l'expérience, le test de la reproductibilité et de la robustesse d'une expérience ont été classés très majoritairement dans les trois premières positions et font l'objet de l'évaluation présentée.

Test de la reproductibilité d'une expérience

S'assurer de la reproductibilité d'une expérience relève des « bonnes pratiques » scientifiques. Celles-ci peuvent se formuler sous la forme d'un *critère de scientificité* : *le résultat d'une expérience ne dépend pas de l'observateur ; son énoncé peut être testé par n'importe quel observateur présent* (Blanquet & Picholle, 2017).

Tester de la reproductibilité d'une expérience implique donc de la refaire au moins une fois, et de confronter le nouveau résultat à ceux précédemment obtenus. Plus précisément, il s'agit de s'assurer, en reproduisant l'expérience, que les nouveaux résultats sont compatibles avec l'énoncé produit initialement. La formulation de l'énoncé des résultats est donc une étape essentielle et un élément-clef de la fiabilité de la démarche expérimentale.

À l'école maternelle, les énoncés des résultats des expériences sont le plus souvent qualitatifs, peu de mesures quantitatives étant réalisées. Ainsi, un objet posé dans l'eau flotte-t-il ou coule-t-il, un glaçon fond-il ou ne fond-il pas, de l'eau gèle-t-elle ou non, un sablier prend-il plus ou moins de temps pour s'écouler qu'un sablier de référence, un objet bascule-t-il ou non, tombe-t-il ou non lorsqu'il est suspendu à une poulie, etc. La formulation des énoncés en est alors facilitée.

Des résultats d'expériences qualitatifs permettent en effet de s'affranchir d'une difficulté classique lorsqu'on réalise des mesures et que l'on produit des résultats quantitatifs, liée à l'obtention de plusieurs valeurs pour les mesures. Tester la reproductibilité d'une expérience avec ses élèves nécessite pour l'enseignant d'avoir anticipé une formulation adaptée des résultats de l'expérience et testée. A tout le moins, il doit d'être conscient du travail à réaliser avec les élèves pour aboutir à un énoncé qui permette de vérifier la reproductibilité de l'expérience dans les conditions de classe. On voit là un point de couplage entre les objectifs d'exploration du monde et ceux d'apprentissage du langage. Pour des expériences qualitatives aux résultats binaires (flotte/coule, tombe/ ne tombe pas, etc.), l'énoncé des résultats s'avère facile à formuler et tester la reproductibilité de l'expérience consiste à s'assurer qu'on retrouve le même résultat (l'objet flotte, tombe, etc.).

Notons, au niveau de l'école maternelle, que cet élément de méthode scientifique est à privilégier pour les expériences d'exploration de la matière plutôt que pour celles portant sur le vivant. Le concept de reproductibilité a en effet souvent en biologie une portée surtout statistique qui limite autant son accessibilité en classe de maternelle que des considérations théoriques sur la notion de précision d'une mesure, etc.

La notion de reproductibilité associe implicitement les notions de *répétabilité* (*la même personne* obtiendra le même résultat si elle refait la même expérience) et de *réplicabilité* (*une personne différente* obtiendra également le même résultat). Pour de jeunes élèves, ces deux notions peuvent être distinctes : certains peuvent accepter *a priori* la répétabilité

d'une expérience mais considérer qu'elle en revanche n'est pas *a priori* réplicable. Tester la reproductibilité d'une expérience à l'école maternelle consiste donc à s'assurer qu'une expérience est répétable et réplicable. De même, des élèves de maternelle ne tiennent pas forcément pour évident *a priori* qu'une même expérience reproduite à un autre moment ou dans un autre lieu fournira les mêmes résultats (sous réserve que ces éléments ne soient pas des paramètres pertinents de l'expérience). Enfin, refaire la même expérience avec de jeunes élèves implique également une vigilance particulière sur le matériel utilisé. Lorsque différents groupes mènent en parallèle une « même » expérience en classe, toute modification du matériel utilisé par deux groupes ou deux élèves différents est susceptible de fausser le test de la réplicabilité. En l'absence d'identification préalable des paramètres pertinents de l'expérience considérée, toute modification même infime du dispositif de référence revient en effet à conduire une nouvelle expérience.

Les premiers résultats obtenus par Schauble (1996) et Varelas (1997) avec des élèves d'élémentaire ont mis en évidence que ces derniers ont des difficultés à « *conceptualiser la procédure consistant à répéter les essais et trouver la valeur représentant au mieux les résultats de ces essais* »[3] (Varelas, 1997) quand les expériences quantitatives répétées conduisent à réaliser des mesures inévitablement différentes. Selon Varelas, « *certains enfants semblent même ne pas avoir construit l'idée qui leur permettrait de s'appuyer sur le raisonnement selon lequel reproduire exactement la même situation expérimentale conduit exactement au même résultat ou refusent ou s'avèrent incapables de coordonner cette idée avec la connaissance empirique selon laquelle des essais répétés ne produisent pas, dans les faits, exactement les mêmes résultats* »[4] (1997). Metz (2004) a par ailleurs demandé à des élèves de CE1 et CM1-CM2 comment réduire l'incertitude des résultats obtenus par leurs propres expériences et a montré, entre autres résultats, que la stratégie qui consiste à reproduire l'expérience est utilisée par seulement 5% des élèves de CE1 et 58% des élèves de CM1-CM2. Aucun dispositif de recherche n'est disponible à notre connaissance pour évaluer la capacité des élèves de maternelle à s'approprier les notions de répétabilité et réplicabilité, qu'il s'agisse d'expériences produisant des résultats qualitatifs ou quantitatifs.

Test de la robustesse d'une expérience

Concrètement, reproduire une expérience dans des conditions *strictement* identiques à tous points de vue n'est jamais possible. Un élément majeur pour garantir la scientificité d'une expérience est alors le test de sa robustesse (Wimsatt, 2007). Il s'agit de vérifier que des fluctuations imperceptibles et incontrôlables de son environnement ne la changent pas du tout au tout, pas plus, plus généralement, que des modifications mineures de paramètres non pertinents. Le critère de scientificité associé à cet élément peut se formuler ainsi : *une modification mineure des conditions de l'expérience ne modifie pas dramatiquement son résultat.*

« *Pour dire que certaines façons de faire varier les faits sont importantes et que d'autres ne le*

[3] *The results support the idea that many of the children had not conceptualized the procedure of repeating trials and finding the best representative of the results.*

[4] *Some children seemed either not to have constructed an idealization which would allow them to reason that repeating exactly the same experimental situation would yield exactly the same result, or unwilling or unable to coordinate that idealization with their empirical knowledge that repeated trials do not actually produce exactly the same results.*

sont pas, on se fonde à l'arrière-plan sur des suppositions de base que nous admettons (…) sur l'influence probable des facteurs à faire varier dans le phénomène » (Hempel, 1966) : la notion de modification "mineure" est ici intimement liée à la construction d'un modèle et l'identification de paramètres pertinents ou non (Blanquet & Picholle, 2012a & 2015). À l'école maternelle, la réalisation d'expériences qualitatives permet d'identifier de façon limpide un résultat "dramatiquement différent" suite à une modification des conditions de l'expérience : tout changement qualitatif du résultat (e.g. une planche posée sur un pivot basculait d'un côté, elle reste désormais à l'équilibre horizontal) est alors constitutif d'une modification "dramatique" (et directement perceptible par les élèves).

Une façon de tester de la robustesse d'une expérience avec des élèves consiste dans un premier temps à identifier des paramètres supposés non pertinents, puis à les modifier délibérément pour s'assurer que ces modifications ne conduisent pas à des variations importantes des résultats. Par exemple, dans le cadre d'une expérience impliquant une poulie, les élèves peuvent supposer que la couleur, la forme, la matière d'un objet ne changent rien au fait qu'il descende si l'on maintient sa masse identique. L'identification des paramètres supposés non pertinents peut être réalisée par les élèves, l'enseignant les interrogeant soit sur les éléments que l'on pourrait changer sans que cela ne change le résultat, soit sur ce qu'il se passerait si l'on décidait de changer un paramètre donné.

Alors que le test de la robustesse d'une expérience contribue à assurer sa fiabilité, il n'est que très rarement évoqué en classe (nous n'avons trouvé aucune présence de cet élément de méthode scientifique dans les programmes français et anglo-saxons par exemple) et aucune étude n'est disponible à notre connaissance sur son appropriation par les élèves.

Primauté de l'expérience

Lorsqu'un discours entre en contradiction avec un fait dûment établi par l'expérience, ce sont l'expérience ou l'observation qui priment, jusqu'à preuve du contraire et justification de leur invalidation. Le critère de scientificité associé se formule ainsi : *les conclusions ne contredisent aucun fait d'expérience.* On a observé ce que l'on a observé, même si c'est en contradiction avec ses attentes, sans présomption de la reproductibilité ou de la robustesse de cette observation. La contradiction entre le discours et l'expérience peut en effet résulter tant d'une difficulté que d'une erreur de formulation, dans le cas d'un énoncé problématique par exemple.

Donner la primauté à l'expérience peut également être associé à un autre élément de méthode scientifique, à savoir le refus de l'argument d'autorité. C'est en particulier le cas lorsqu'un discours émis par une personne considérée comme une autorité entre en contradiction avec des observations et que la primauté est donnée aux observations. C'est par exemple le cas lorsqu'un enseignant (délibérément ou par erreur) propose à ses élèves une affirmation en contradiction avec ce qu'ils observent. S'il affirme par exemple que l'ombre d'un enfant est toujours devant lui et que les élèves constatent que leur ombre peut se trouver sur le côté ou derrière eux, il s'agit alors de remettre en cause cette affirmation et de la modifier pour la rendre compatible avec les observations (« mon ombre est opposée au Soleil », « je me trouve entre le Soleil et mon ombre »).

Navigation entre le général et le particulier

L'*exploitation du spectre de généralité*, c'est à dire la navigation permanente entre le particulier et différents niveaux de généralité, est un élément essentiel de la méthode

scientifique. Le critère de scientificité associé peut se formuler ainsi : *Des marqueurs d'une navigation entre le général et le particulier sont identifiables.*

À l'école maternelle, la formulation de lois, qui sont l'expression de généralités, permet d'appliquer une même règle à de nombreux cas particuliers. À l'inverse, rassembler toute une série de cas particuliers peut permettre d'en inférer une généralité, formulée sous forme de règle, loi ou explication de portée générale. Sa vérification par application à *d'autres* configurations expérimentales permet alors de la conforter, un intérêt de l'utilisation d'une généralité étant qu'elle permet de prévoir le résultat d'une expérience non encore réalisée par déduction. La navigation entre le général et le particulier implique que les élèves soient capables à la fois d'induire une règle à partir de cas particuliers mais également de déduire d'une règle ce qui va se passer dans un nouveau cas particulier.

Par exemple, pour formuler la loi « de deux objets accrochés de part et d'autre d'une poulie c'est toujours le plus lourd qui descend », les élèves doivent avoir constater le phénomène sur des objets de matières, formes, couleurs, volumes différents et pas uniquement sur un objet ou une matière donnée pour identifier le paramètre « poids » comme le paramètre pertinent (ce n'est pas la matière, la forme, la couleur, la taille qui compte, c'est le poids). Une fois la loi construite, son utilisation pour prédire ce qui va se passer avec de nouveaux objets (et donc l'application du général sur un nouveau cas particulier) puis sa vérification permettent de la conforter.

Construction d'un dispositif pour évaluer l'appropriation des notions de reproductibilité, de robustesse et de primauté de l'expérience

Un premier moyen d'évaluer l'appropriation d'éléments de méthode scientifique par des élèves consiste à observer ce qu'ils disent et font pendant des investigations. Cette approche pose néanmoins de nombreuses difficultés pratiques — certains élèves pouvant par exemple se mettre en retrait ou être dominés par d'autres ; pour le chercheur, elle n'est pas non plus exempte de difficultés méthodologiques, tant il est difficile dans une activité collective de distinguer les formulations et les idées propres à un élève de celles générées par le groupe : pour être fiables, de telles observations prennent un temps de recueil et de traitement considérable. Un moyen complémentaire et bien connu des psychologues consiste à réaliser des entretiens semi-directifs individuels des élèves, des questionnaires écrits étant exclus à l'école maternelle. Un avantage de cette seconde approche est que l'ensemble des élèves interrogés est soumis au même dispositif, ce qui facilite le traitement des données. Aucune méthode n'étant totalement satisfaisante, celle-ci présente l'inconvénient inhérent aux approches isolant un élève de la classe : certains peuvent être intimidés et perturbés par le dispositif et ne pas répondre de façon optimale aux questions posées.

Après avoir décrit différentes contraintes pesant sur la construction d'un dispositif d'évaluation à l'école maternelle, nous présenterons dans cette partie la conception de l'entretien et ses enjeux.

Des contraintes multiples

La première contrainte qui s'impose à toute personne souhaitant s'entretenir avec un jeune élève est de s'assurer de son accord pour l'entretien (ainsi bien évidemment que de celui de

ses responsables légaux, condition déontologique *sine qua non* dans le cadre de toute recherche avec des élèves mineurs). Les élèves de maternelle ont besoin de se sentir à l'aise avec la personne qui les interroge et il revient à cette dernière d'instaurer une relation de confiance propice à leur expression et à des échanges détendus.

S'entretenir avec un élève de maternelle implique une durée d'entretien courte, typiquement inférieure à 20 minutes, et de lui proposer une situation suffisamment motivante pour maintenir son attention et son intérêt. À la différence d'élèves plus âgés ou d'adultes, pour lesquels la sincérité des réponses peut être sujet à caution, cette difficulté est absente avec des élèves de 3-6 ans. En revanche, leur perte d'attention et d'intérêt pour les questions se traduit rapidement par de l'agitation et des réponses non pertinentes. Il faut donc calibrer l'entretien de façon à maintenir autant que possible leur intérêt, la manipulation d'objets étant par exemple un moyen bien connu des enseignants pour aider les élèves à focaliser leur attention.

Leur capacité à s'engager dans l'entretien dépend des modalités de passation proposées (Metz, 1995) — une activité où ils sont acteurs plutôt que passifs aura plus de chance de maintenir leur attention en éveil —, mais aussi de son niveau de difficulté et de son intérêt. Les élèves doivent pouvoir comprendre une part significative des questions posées, au risque sinon de se décourager. Une attention particulière doit être portée au choix de la situation et à la formulation des questions, avec des reformulations éventuelles. Il est en effet important de garantir autant que possible qu'ils comprennent et répondent aux questions posées en y mettant le même sens que la personne qui les interroge. Les questions doivent également pouvoir être posées de façon fluide pour donner à l'élève la sensation d'une conversation plutôt que d'une suite de questions conduisant à porter un jugement sur ce qu'il dit au cours de l'entretien. Elles doivent également éviter d'induire des réponses, les élèves pouvant chercher à faire plaisir à leur interlocuteur dans leurs réponses.

L'un des enjeux de la recherche en didactique des sciences consiste à évaluer l'impact de différents types de formation ou d'enseignement sur un public donné. Une manière d'y répondre repose sur l'identification de différences entre des réponses produites avant et après un enseignement donné : les élèves doivent donc pouvoir produire des réponses sans enseignement préalable à des fins de comparaison avec des réponses après enseignement.

Enfin, il faut tenir compte des conditions de passation de l'entretien. Celui-ci sera réalisé *a priori* dans les écoles, dans un local mis à disposition par les enseignants : la passation doit pouvoir être réalisée dans des lieux très différents (dortoir, bibliothèque, salle de motricité, bureau, etc.). S'il y a expérimentation au cours de l'entretien et si l'on souhaite que sa passation ne soit pas réservée à quelques chercheurs expérimentés mais que ces entretiens puissent également être utilisés par des enseignants souhaitant évaluer l'appropriation par leurs élèves d'éléments de méthode scientifique, elle ne doit pas nécessiter une organisation trop complexe ou demander du matériel difficile à se procurer ou coûteux.

À ces contraintes, dont la plupart sont communes à tout entretien destiné à être passé par de jeunes élèves, s'ajoutent des contraintes spécifiques liées aux notions à évaluer.

Identification d'une situation propice à l'évaluation de la compréhension de la notion de reproductibilité

L'entretien doit permettre dans un premier temps de répondre à différentes questions relatives à la notion de reproductibilité :

- des élèves de maternelle considèrent-ils que répéter une situation expérimentale à

l'identique conduit à obtenir un résultat identique ? Quelles justifications apportent-ils ?

- leurs réponses varient-elles selon que la question porte sur la répétabilité ou la réplicabilité de l'expérience ?

- les réponses des élèves sont-elles sensibles à la variation de lieu ou à l'âge de la personne qui réalise l'expérience ?

- quel sens les élèves donnent-ils au fait de reproduire une expérience à plusieurs reprises ?

Si ces questions peuvent être posées en toute généralité à des jeunes élèves, il est néanmoins préférable de les proposer dans un contexte expérimental sur lequel ils peuvent s'appuyer pour répondre : selon Metz (1995), les jeunes enfants sont en effet d'autant plus performants dans leurs réponses que les questions reposent sur des phénomènes concrets qu'ils ont idéalement expérimentés. L'utilisation d'une expérience qualitative permet par ailleurs de distinguer ce qui relève de la compréhension de la reproductibilité d'une expérience *per se* de celle de la compréhension de la dispersion des mesures sur laquelle de nombreuses études se sont penchées à des niveaux plus élevés.

Une difficulté relative à une telle approche consiste à éviter de choisir une expérience dont les résultats sont trop bien connus des élèves, ou un phénomène qu'ils connaissent pour l'avoir déjà vu. En effet, la reproductibilité du phénomène serait alors une évidence pour eux. Ainsi, tous les jeunes élèves ont expérimenté régulièrement et dès leur plus jeune âge qu'un objet qu'on lâche tombe au sol, provoquant souvent d'ailleurs l'énervement de leurs parents. Ce constat est devenu une telle évidence pour eux que leurs réponses ancrées dans leur vécu quotidien ne permettraient pas d'en extraire d'informations sur leur compréhension profonde de la notion de reproductibilité de la chute d'un objet. Pour éviter cette difficulté, nous faisons le choix d'un phénomène contre-intuitif.

Un tel choix fournit par ailleurs un avantage supplémentaire. Un phénomène contre-intuitif peut être perçu comme « magique » dans une approche non-scientifique ; or croire à la magie ou à la sorcellerie implique d'attribuer à certains individus un don spécial qui leur donne la capacité à produire un phénomène que des personnes n'ayant pas ce don ne peuvent pas reproduire. Sous cet aspect, la magie est diamétralement opposée à la méthode scientifique, qui revendique fondamentalement la possibilité pour quiconque de reproduire un phénomène. De telles affirmations de dons spéciaux ne sont pas inhabituelles. C'est ce qu'a établi un projet au long cours porté par l'université de Nice pendant près de seize années. Le physicien Henri Broch, l'illusionniste Gérard Majax et le physicien et sponsor Jacques Théodor s'étaient en effet associés pour lancer un défi doté d'un prix d'un million de francs (puis de 250000 euros) pour quiconque serait capable de démontrer expérimentalement l'existence d'un phénomène paranormal. Après seize années de tests négatifs, le défi a été arrêté sans que le prix ait pu être réclamé (Charpak & Broch, 2003). Même si la pensée magique apparaît ostensiblement obsolète dans nos sociétés modernes, elle n'en demeure pas moins suffisamment forte pour que de nombreuses expériences contre-intuitives génèrent une sensation d'étrangeté.

C'est typiquement le cas d'une manipulation qui consiste à remplir d'eau une boîte de conserve dans laquelle un trou visible a été percé et à empêcher l'eau de s'écouler à travers le trou en bouchant du doigt un autre trou, invisible celui-là du public (Novellaux, 2012). Cette manipulation est suffisamment contre-intuitive pour que certains « magiciens » l'utilisent dans leurs shows. Une telle expérience devrait apparaître suffisamment surprenante à des élèves de cinq ans pour procurer une situation satisfaisante pour l'identification des réactions des élèves, de leur capacité à considérer une telle expérience comme reproductible et de leur perception de la magie. Elle ne nécessite pas de matériel sophistiqué, peut s'expliquer en utilisant des mots simples et est adaptable sans difficulté à

un contexte de classe : l'eau qui s'écoule d'une bouteille percée d'un trou s'arrête de couler lorsque l'on ferme son bouchon parce que l'air ne peut plus y rentrer.

Formulation des questions de l'entretien

Une manière de favoriser l'engagement des élèves lors de l'entretien consiste à leur proposer rapidement un moment de manipulation. L'expérience proposée peut être réalisée facilement par les enfants eux-mêmes, visser le bouchon sur la bouteille est la seule difficulté à laquelle ils sont confrontés pour la reproduire. Une très grande majorité des élèves de grande et moyenne section sont capables d'y parvenir, quitte à prépositionner le bouchon sur le goulot.

Il faut par ailleurs éviter que les élèves ne se dispersent. De nombreux enfants à qui l'on présente cette expérience contre-intuitive, après être restés bouche bée un instant, sollicitent une explication et cherchent à comprendre le phénomène. Pour éviter qu'ils n'y passent le temps de l'entretien au détriment des questions posées, il est préférable d'apporter rapidement une explication courte au phénomène observé : il y a de l'air partout autour de nous dans la pièce, quand il n'y a pas de bouchon l'air peut rentrer dans la bouteille et l'eau peut sortir, quand je bouche/ferme la bouteille avec le bouchon, l'air ne peut plus rentrer et l'eau s'arrête de couler. Même si elle n'est pas forcément entièrement compréhensible par tous les enfants, une telle explication permet de répondre à leur demande d'explication et de pouvoir focaliser sur les questions auxquelles on souhaite qu'ils répondent, ce qui est l'objectif visé. Cette approche présente néanmoins un inconvénient ; elle fournit une explication que les élèves peuvent choisir d'appliquer, par déduction, aux différents cas particuliers qui leur seront présentés pour tester leur appropriation de la reproductibilité d'une expérience : c'est parce que l'air ne peut plus rentrer que l'eau s'arrête de couler. La formulation d'une telle justification, qui part du général pour aller vers de nouveaux cas particuliers, rend compte néanmoins implicitement de l'appropriation de la notion de reproductibilité par ces élèves : en considérant que l'explication fournie peut s'appliquer à tous et en tout lieu ils reconnaissent implicitement la reproductibilité du phénomène indépendamment de la personne qui visse le bouchon ou du lieu.

Le tableau ci-dessous présente le canevas d'un exemple d'entretien semi-directif posé aux élèves en décomposant les différentes étapes de la passation de l'entretien par question et en proposant différentes formulations d'une question en fonction des difficultés de compréhension de l'élève interrogé.

1/ Regarde, j'ai une bouteille trouée devant moi. Tu vois le petit trou ? (*si l'enfant ne voit pas, on peut passer le doigt dessus*) À ton avis, que va-t-il se passer si je verse de l'eau dans la bouteille ? Est-ce que tu crois que c'est possible que l'eau s'arrête de couler sans boucher le petit trou ?

=> Si « oui » : Comment ? => On essaie ton idée ? (si *exceptionnellement un élève propose la solution : « je vois que tu connaissais le truc » (par exemple, fermer le bouchon ou boucher avec la main*), « *bravo !* »). Après tentative => je vais te montrer comment on fait (*remettre de l'eau dans la bouteille au besoin*). C'est drôle, non ? Puis : en fait, il y a de l'air partout dans la pièce. Quand l'air peut rentrer dans la bouteille l'eau peut sortir mais quand on visse le bouchon (quand on ferme la bouteille), l'air ne peut plus rentrer et l'eau ne peut plus sortir, elle s'arrête de couler.

2/ Est-ce que tu crois que ça marcherait/peut marcher si c'était toi qui le faisais ? *Qu'est-ce qui te fait dire cela ?*
3/ Comment pourrait-on faire pour savoir ? (=> « *Essayer/ Autre »*) => Eh bien, essaie à ton tour.
4/ Est-ce que c'était important (est-ce que c'était utile / est-ce que cela servait à quelque chose / est-ce que cela valait le coup) que tu essaies aussi ? *Qu'est-ce qui te fait dire cela ?*
5/ À ton avis, si je remplis de nouveau la bouteille d'eau et si tu recommences à visser le bouchon, est-ce que l'eau va encore s'arrêter de couler ? *Qu'est-ce qui te fait dire cela ?*
6/ Si un grand de CE2 te dit que ce n'est pas possible en vissant le bouchon de la bouteille trouée que l'eau s'arrête de couler, qu'est-ce que tu lui réponds/dis ?
7/ Si quelqu'un te dit que c'est de la magie, qu'est-ce que tu lui réponds/dis ?
8/ Est-ce que tu crois que ça marcherait/peut marcher si c'était un enfant plus petit/de PS/ de MS qui essayait ? *Qu'est-ce qui te fait dire cela ?* (si l'élève explique que cela ne marcherait pas parce que l'enfant est trop petit pour réussir à visser le bouchon de la bouteille, demander ce qu'il se passerait si on l'aidait à visser le bouchon)
9/ Est-ce que ça sert à quelque chose (est-ce qu'on a besoin/ est-ce qu'il faut/ est-ce que ça vaut le coup) que d'autres enfants essaient ? *Qu'est-ce qui te fait dire cela ?*
10/ Un enfant te dit que ça marche seulement/uniquement parce que c'est toi qui le fait. Il te dit que si lui le fait, ça ne marchera pas. Qu'est-ce que tu lui réponds/dis ? => « *Mais si, ça marche »* => Il ne te croit pas, que lui dis-tu ?
11/ Est-ce que tu crois que ça marcherait/peut marcher aussi si ta maman le faisait à la maison ? *Qu'est-ce qui te fait dire cela ?*
12/ Est-ce que ça sert à quelque chose (est-ce qu'on a besoin/ est-ce qu'il faut/ est-ce que ça vaut le coup) d'essayer aussi dans ta maison et pas seulement à l'école ? *Qu'est-ce qui te fait dire cela ?*
13/ Est-ce que tu crois que ça marcherait/peut marcher aussi si je remplaçais la bouteille par une bouteille trouée de forme différente comme celle-ci (*en sortant la bouteille de Badoit*) ? *Qu'est-ce qui te fait dire cela ?* (=> si « *il faut essayer pour être sûr* » => le faire)
14/ Comment pourrait-on faire pour savoir ? Est-ce que cela sert à quelque chose (est-ce qu'on a besoin/ est-ce qu'il faut/ est-ce que ça vaut le coup) d'essayer ?
15/ Est-ce que tu crois que ça marcherait/peut marcher aussi si au lieu de boucher la bouteille avec le bouchon, tu la bouchais avec ta main ? *Qu'est-ce qui te fait dire cela ?*
16/ Comment pourrait-on faire pour savoir ? (=> essayer avec l'élève en l'aidant éventuellement)
17/ Est-ce que ça sert à quelque chose/ qu'on a besoin/ qu'il faut d'essayer de différentes façons ? *Qu'est-ce qui te fait dire cela ?*

Tableau 2 : questions posées aux élèves, canevas de l'entretien (entre parenthèses, précisions et

formulations supplémentaires en cas de difficulté de compréhension de la question initiale par l'élève interrogé)

La première étape de l'entretien introduit le phénomène. Les premières questions visent à mettre l'élève à l'aise et à l'engager dans l'échange : il observe un événement qui le surprend, l'eau s'arrête de couler d'une bouteille percée, ce qui éveille son intérêt et permet de lancer le questionnement.

Les questions 2, 8 et 11 permettent de sonder son appropriation de la notion de réplicabilité d'une expérience, en l'interrogeant sur la possibilité que lui-même, des enfants plus jeunes ou d'autres adultes puissent reproduire le phénomène mis en évidence par la personne qui mène l'entretien. La question 11 permet également de tester la perception par les élèves d'un changement de lieu sur le résultat. La 5 teste leur appropriation de la notion de répétabilité. La 7 cherche à évaluer dans quelle mesure ils font la distinction entre un phénomène physique ou magique. Cette question vise à savoir si les enfants ont une claire notion de la distinction entre ces deux types de phénomènes et associent un phénomène magique à des dons particuliers que possèderaient quelques individus particuliers. La question 10 teste en même temps l'appropriation par les élèves de la notion de réplicabilité et leur capacité à la mobiliser dans un contexte où elle est niée par un autre élève. Pour être comprise par certains élèves, elle peut nécessiter une mise en contexte en proposant par exemple à l'élève interrogé d'imaginer qu'il vient de montrer ce qu'il a fait à un autre élève et que ce dernier est convaincu que cela marche uniquement pour l'élève interrogé.

Les nombreuses questions posées offrent aux élèves de multiples opportunités de fournir des réponses mobilisant la reproductibilité. Elles fournissent au chercheur un moyen pour évaluer leur appropriation effective du concept : si l'on peut avoir des doutes sur l'appropriation du concept par un élève qui ne répondrait correctement qu'à une seule des questions posées, un élève régulier dans ses réponses peut quant à lui être considéré comme ayant une bonne maitrise du concept.

La question 6 invite les élèves à se positionner par rapport à un discours d'autorité en contradiction avec ce qu'ils viennent d'observer au moins deux fois : sont-ils capables de revendiquer la primauté de l'expérience dans ces conditions ? Sa compréhension peut comme pour la question 10 nécessiter la création d'un contexte fictionnel. Les questions 3 et 10 dans une certaine mesure de nombreuses autres questions (14 et 16 par exemple) fournissent des éléments d'information sur le rapport à l'expérience des élèves interrogés en les interrogeant sur la façon de s'assurer de la validité des affirmations qu'ils formulent.

Leurs réponses aux questions 4, 9 et 12 donnent accès à leur perception de l'intérêt de reproduire une même expérience dans différents contextes : par soi-même, par d'autres personnes et dans d'autres lieux.

Enfin, les questions 13 à 17 portent sur le test de la robustesse de l'expérience réalisée. En proposant aux élèves de manipuler de nouveau en fin d'entretien, elles permettent de les remobiliser pour cette dernière salve de questions. Sous réserve qu'ils répondent par l'affirmative aux questions 13 et 15, la question 17 les interroge directement sur l'intérêt de faire varier des paramètres non pertinents. Dans le cas contraire, ces deux questions les invitent à tester un paramètre supposé pertinent et donc à constater en réponse à la question 17 que ce test permet de s'assurer de la pertinence ou non de ces paramètres. Il est à noter que des élèves peuvent profiter de cette nouvelle expérimentation pour presser sur la bouteille percée fermée et constater alors que de l'eau en sort : il est alors possible de leur faire observer que de petites bulles d'air rentrent par le trou dès qu'ils relâchent la bouteille et que s'ils ne la touchent pas, l'eau ne coule pas (aucun des élèves interrogés n'a

en revanche fait référence au cours des entretiens à des situations du quotidien dans lesquelles une bouteille d'eau fermée percée à la maison coule).

Test et validation du dispositif

La construction d'un canevas d'entretien n'est qu'une première étape. Les étapes suivantes consistent à valider l'entretien, c'est à dire à s'assurer qu'il permet effectivement de tester ce qu'il est supposé tester et qu'il est adapté à des élèves de maternelle.

Validation par les enseignants

Avant de tester le dispositif sur les élèves et pour s'assurer qu'il est adapté à des élèves de maternelle, des chercheurs, des enseignants d'école maternelle et des conseillers pédagogiques spécialisé dans l'enseignement à ce niveau d'enseignement ont été sollicités pour un contrôle de la pertinence du dispositif tant en termes de langage utilisé que de compréhension du sens des questions.

Il est délicat de formuler des questions de nature épistémologique de façon accessible à de très jeunes élèves. La connaissance fine de la maîtrise de la langue de jeunes élèves par des enseignants confirmés de maternelle est précieuse. Plusieurs d'entre eux, ainsi qu'un enseignant-chercheur spécialiste de la didactique de la langue et des conseilleurs pédagogiques, ont été sollicités pour une relecture des questions. Deux éléments ont été identifiés comme potentiellement problématiques : l'utilisation du conditionnel que les élèves peuvent ne pas connaître et de l'adjectif « important » qui, parce qu'il ne renverrait à rien de « concret » dans le contexte, peut ne pas être compris par les élèves. Ce qualificatif, d'après les enseignants, est avant tout utilisé dans des contextes présentant un risque pour les élèves ou nécessitant de leur part une vigilance particulière : il est important de s'arrêter et de ne pas traverser une rue sans un adulte, de ne pas mettre n'importe quoi à la bouche, d'écouter ses parents etc. ; utilisé dans un contexte où il n'y a pas de risque, les élèves pourraient se méprendre sur le sens de la question.

Aux questions formulées au conditionnel ont été ajoutées des formulations de substitution utilisant le présent de l'indicatif et cette information est transmise aux personnes qui font passer l'entretien aux élèves. Les questions s'enquérant de l'importance de refaire une expérience ont été reformulées en tenant compte de cette difficulté potentielle. Les enseignants ont proposé des reformulations en termes d'utilité plutôt que de nécessité et différentes formulations des questions 4, 9, 12 et 17 ont été indiquées, certaines mettant l'accent sur l'utilité et d'autres sur la nécessité de refaire ou de faire varier des paramètres de l'expérience, les personnes en charge de questionnaire étant informées de la distinction entre ces deux types de formulation.

Par ailleurs, pour s'assurer que les questions posées ciblent bien les éléments de méthode scientifique dont on cherche à évaluer l'appropriation par les jeunes élèves, une pratique nécessaire (Lindell & al., 2007) consiste à interroger des personnes extérieures à sa conception sur les objectifs visés par les questions (validation de contenu). Cela implique néanmoins des personnes possédant les notions épistémologiques adéquates. Huit enseignants travaillant avec la chercheuse et formés dans le cadre de journées de formation à mettre en œuvre dans leur classe des séquences pédagogiques qui visent l'appropriation explicite des éléments de méthode scientifiques ciblés par le questionnaire ont participé à la validation des questions. Le canevas de l'entretien leur a été proposé et il leur a été demandé d'identifier les éléments de scientificité sur lesquels chaque question

portait et de proposer une réponse adéquate pour un jeune élève. Pour chaque question, plus de 80% d'entre eux se sont avérés capables d'identifier l'élément principal visé.

Test du dispositif en classe

Le test du dispositif avec des élèves reste l'étape déterminante pour s'assurer de sa pertinence. Les enfants ciblés étant *a priori* des élèves de moyenne et grande section, le choix a été fait de réaliser un premier test du questionnaire avec les élèves les plus jeunes, ceux de moyenne section mais en s'assurant néanmoins qu'ils avaient participé au préalable à des séances en démarche d'investigation. Un enseignant stagiaire à l'ESPE d'Aquitaine a accepté de participer au projet et fait vivre à ses élèves deux séquences pédagogiques permettant de travailler les éléments méthodologiques ciblés (séquences sur les changements d'état de l'eau et sur les poulies s'appuyant sur l'album *Plouf !* de Philippe Corentin ; Blanquet, 2010). Lors des séances, il n'a pas introduit explicitement auprès de ses élèves les notions de reproductibilité, robustesse et primauté de l'expérience, mais elles lui ont permis de les mobiliser (plusieurs élèves ont reproduit les expériences, ils ont vérifié la non pertinence de certains paramètres, etc.). Vingt de ses élèves ont ensuite été interrogés en fin d'année scolaire (juin) et filmés après accord des parents et de chaque élève. L'enseignant avait préparé l'arrivée de la chercheuse : au cours des séquences, il avait indiqué qu'elles avaient été conçues par une chercheuse qui viendrait les rencontrer et, à son arrivée, les élèves ont pu constater qu'elle était accueillie chaleureusement par leur enseignant et les autres enseignants de l'école. Les entretiens ont été réalisés dans le dortoir le matin et la salle de motricité l'après-midi. L'enseignant a fait le choix d'envoyer un premier enfant peu timide et son retour détendu de l'entretien dans la classe a probablement contribué à rassurer les autres, très motivés pour réaliser une expérience et échanger en tête à tête avec la chercheuse. Ces premiers entretiens ont permis de confirmer que l'activité proposée permettait d'engager les élèves dans l'entretien et que les élèves restaient mobilisés pour la plupart sur sa durée, comprise entre 8 et 18 minutes. Ils se sont révélés capables de comprendre la grande majorité des questions, d'y répondre et de fournir des justifications. La présence de questions pour lesquelles ils ne connaissaient pas la réponse n'est pas apparue comme un obstacle à la poursuite de l'entretien et les manipulations finales ont permis de maintenir l'attention de la majorité d'entre eux.

Un second groupe test constitué cette fois d'élèves de grande section n'ayant pas participé à des séquences d'enseignement spécifiques mobilisant les éléments de méthode testés a permis de confirmer la fiabilité de l'entretien.

Caractère discriminant de l'évaluation

Pour être valide, un instrument d'évaluation doit effectivement permettre de distinguer différents niveaux de maîtrise des éléments évalués (*a minima* on peut avoir une évaluation binaire). Pour savoir si un instrument d'évaluation est fiable, une première approche consiste à tester les élèves avec l'instrument en développement, de les tester en parallèle avec un autre instrument existant déjà validé pris comme référence et de comparer les résultats obtenus avec les deux instruments.

Malheureusement, dans notre situation, il n'existe pas à notre connaissance d'instrument qui pourrait être utilisé comme référence. S'assurer de la fiabilité de l'instrument prend alors un temps plus important. Il faut tout d'abord construire une ligne de base des réponses en interrogeant un nombre suffisant d'élèves en absence d'intervention spécifique. Il faut ensuite réaliser une intervention dont on suppose qu'elle aura un effet sur les réponses, puis comparer les réponses obtenues avant et après intervention. Si l'on

obtient des différences significatives et systématiques, on peut considérer que l'instrument est en effet capable de mesurer l'impact d'une intervention sur l'appropriation des éléments sondés par les élèves et proposer un premier calibrage de différents niveaux de maîtrise des éléments.

Deux approches sont possibles : interroger deux fois (avant et après intervention) les mêmes élèves ou interroger des élèves différents à une même période de l'année. Chaque approche présente des avantages et des inconvénients. En effet, des élèves de maternelle interrogés à six mois ou un an d'intervalle, en particulier entre quatre et six ans, peuvent avoir développé, au delà de compétences méthodologiques en science, de nombreuses autres compétences affectant leurs réponses à un entretien, langagières en particulier. Par ailleurs, l'effet de surprise lié au caractère contre-intuitif de l'expérience proposée peut avoir disparu, les élèves se souvenant de ce qui s'est passé la première fois. Ces éléments ne posent pas cependant de difficulté insurmontable sous réserve d'en tenir compte dans l'analyse des résultats des questions 2 à 5. La seconde approche lève la difficulté liée au développement de l'enfant, mais en introduit une autre, liée à la comparaison d'enfants dont les caractéristiques individuelles diffèrent. Une façon de limiter cette difficulté consiste à interroger un nombre important d'élèves.

Nous avons choisi de combiner les deux approches en interrogeant une centaine d'élèves de moyenne et grande section appartenant aux mêmes écoles pendant plusieurs années à une même période de l'année (juin) et en choisissant des écoles variées (éducation prioritaire, écoles de centre ville et rurales). Le nombre d'élèves tout comme le nombre de classes dans le projet varie inévitablement au cours du temps. En effet, tout comme certains élèves changent d'école ou se retrouvent dans une classe ne participant pas à l'expérimentation (ou encore sont absents au moment de l'entretien), des enseignants engagés dans le projet changent également d'école.

Nous avons donc obtenu des données disponibles pour les mêmes élèves qui sont interrogés avant et après intervention à un an d'écart, mais aussi des données disponibles pour des élèves interrogés à un âge comparable (en moyenne), ayant bénéficié en proportion similaire d'un même environnement d'enseignement et appartenant à des milieux socio-culturels proches, la population des écoles variant peu sur deux-trois années d'expérimentation. Pour que ces données soient exploitables, il faut également s'assurer que les élèves ont bien bénéficié de l'intervention dont on envisage qu'elle pourrait avoir un effet sur les réponses. Cela nécessite de posséder un moyen de contrôler ce qui a été réalisé en classe. L'idéal est d'observer directement les situations de classe, mais cela n'est malheureusement que rarement possible. Plusieurs enseignants travaillant avec leurs élèves en même temps, il faudrait une équipe nombreuse. Une alternative consiste à demander aux enseignants de filmer toutes leurs interventions puis de les analyser *a posteriori*, ce qui a été réalisé dans plusieurs classes impliquées dans le projet.

Premiers résultats

Les premiers résultats obtenus pour la ligne de base en Grande Section ont fait l'objet d'une première publication (Blanquet & Picholle, 2019), nous en donnons un rapide résumé ci-dessous en ce qui concerne leur perception de la notion de reproductibilité. Les données obtenues après intervention sont en cours d'analyse et feront l'objet d'un prochain article.

L'étude préliminaire a porté sur 62 enfants de 5 à 6 ans issus de 4 classes, appartenant à deux écoles différentes de Bordeaux. Les quatre enseignants participant à l'étude, âgés de 45 à 54 ans, ont une solide expérience d'enseignant de maternelle (entre 12 et 20 ans). Aucun d'entre eux n'a de formation initiale scientifique et, au cours des dix dernières

années, aucun n'a reçu de formation continue portant sur l'enseignement des sciences. Tous les enfants ont été interrogés en juin, à la fin de l'année scolaire. Pendant l'année scolaire, ils ont travaillé sur le corps humain, les cinq sens, ils ont planté des grains, construit un objet technique et certains d'entre eux ont visité une ferme ou possédaient un animal à l'intérieur de la classe. Les enseignants ont évalué le temps passé sur ces activités de 30 minutes à 2h par semaine. Les enseignants eux-mêmes ou les directeurs des écoles ont fait passer l'entretien aux élèves. Tous ont respecté le protocole, un guide spécifique leur ayant été fourni pour décrire et expliquer les conditions requises pour l'entretien. La durée des entretiens a été comprise entre 8 et 15 minutes. Des enregistrements audio ont été réalisés et ils ont été systématiquement transcrits pour analyse.

Les enfants ont répondu à toutes les questions et ont justifié en moyenne 6 de leurs réponses (22 enfants ont fourni des justifications à plus de 8 réponses et 10 à moins de 3). Parmi les 62 enfants, seuls 26 ont pu justifier leurs réponses en se référant directement ou indirectement à la notion de reproductibilité pour au moins une question. Pour douze d'entre eux (20%), la reproductibilité d'une expérience est mobilisée 3 à 4 fois. Neuf (14%) ont exprimé deux fois des justifications liées à la reproductibilité et ont répété l'explication fournie pour justifier leur réponse. Pour cinq de ces enfants, cette expression est apparue à la toute fin du questionnaire (Q10-Q12). Sept enfants font appel une seule fois à la reproductibilité et trois d'entre eux l'ont exprimée comme une simple possibilité. Un seul enfant (avec cinq justifications basées sur la reproductibilité) a exprimé le souhait d'essayer l'expérience par lui-même en termes de vérification de sa reproductibilité (« *Nous avons pu voir que cela fonctionnait pour moi* »). Seuls trois enfants semblaient capables de considérer qu'il était important de vérifier que cela fonctionnait de la même manière avec d'autres enfants (Q9) et deux semblaient capables de considérer qu'il était important de vérifier que l'expérience fonctionnait de la même manière à différents endroits (Q12). Le tableau 2 présente quelques justifications fournies par des élèves aux différentes questions posées.

Q2	« Tout le monde peut le faire » « Parce que si ça marche pour toi, ça doit peut-être marcher pour moi » « Il faut mettre le bouchon et après ça respire plus l'air et ça empêche l'eau de couler »
Q4	« Pour savoir si ça va marcher » « Parce qu'on a pu voir que ça marchait pour moi » « On essaie comme ça on est sûr que l'on peut le faire »
Q5	« C'est parce que comme j'avais essayé je crois que ça va le refaire » « Si ça réussit une fois, ça peut réussir une deuxième fois »
Q6	« Je lui réponds si parce que quand on ferme le bouchon rien coule. Refais-le et regarde comment ça se fait » « C'est possible parce que si on ferme ça bouche l'eau, et si lui il dit non et bien je vais lui montrer » « Je lui dis que si c'est possible/Parce que dès que qu'on met un bouchon l'air…on ne met plus de vent dans la bouteille et du coup l'eau s'arrête de couler »
Q8	« Parce que on fait avec les mêmes objets » « Parce que tout le monde peut le faire » « Si ça marche avec moi c'est que ça marche avec les PS »
Q9	« Pour qu'ils essaient et qu'on voie s'ils peuvent arriver à faire cette expérience » « Pour voir s'ils y arrivent »
Q10	« Tout le monde peut le faire », « Je le ferai essayer et il va tout comprendre »
Q11	« Parce que là ça marche et ça pourrait marcher aussi à la maison »

	« Si elle prend les mêmes objets, elle pourrait le faire » « Ca marche avec tout le monde »
Q12	« Parce que comme ça on peut voir que ça marche » « Pour voir si ça marche partout »
Q13	« Parce que, parce que la forme, c'est, c'est, ça, ça fait, ça peut marcher, ça peut marcher aussi. Ça peut aussi marcher. » « Ca marche avec toutes les bouteilles » « Si ça marche avec celle là c'est que ça peut marcher avec l'autre, c'est la même bouteille mais pas la même forme »
Q15	« Ca va boucher pareil », « La main si on fait pas de trou ça marche » « ça dépend comment on place notre main. Si c'est avec la paume oui, sinon il y a un peu d'air qui pourrait passer entre les doigts »
Q17	« Parce que... Parce que il faut essayer à différentes tailles. Parce que si on n'essaie pas à différentes tailles et qu'on sait pas ce que ça va faire, hé bé après on pourra pas le faire et ça sera trop tard. »

Tableau 2 : exemples de réponses d'élèves aux questions posées

Leur perception de la magie ne semble pas incompatible avec la possibilité de reproduire eux-mêmes une expérience et le terme même de magie ne semble pas avoir de forte valeur pour eux. Pour un enfant qui voulait spontanément essayer « *parce que je voulais voir si tu étais un sorcier ou non* » (Q4), le caractère magique d'un phénomène était associé à sa propre capacité à le reproduire, mais une telle association n'apparaît pas clairement à travers les réponses des enfants à la question Q7. Dans les deux cas (questions de reproductibilité ou de magie), moins de la moitié d'entre eux semblent capables de justifier leur position de manière pertinente. 42% d'entre eux (26/62) fournissent une explication intégrant un élément lié à un certain niveau de compréhension de la reproductibilité d'une expérience mais l'indépendance du résultat au lieu (14%) ou à l'opérateur (24%) est rarement évoquée, tout comme la nécessité de maîtriser les conditions ou la similitude des matériaux (11%). Néanmoins, certains d'entre eux semblent capables de construire des explications basées sur l'expérience dont ils viennent d'être témoins. La compréhension par les enfants de l'intérêt de tester la reproductibilité apparaît assez faible (moins de 7% des réponses justifiant l'intérêt d'un tel test) et moins importante pour une expérience qu'ils viennent de découvrir que pour une expérience bien connue (jusqu'à 25%, Blanquet & Picholle, 2015), ce qui corrobore les expériences précédentes (Metz, 1995).

Conclusion

Il apparaît possible, en utilisant une expérience contre-intuitive, de construire un entretien permettant de sonder l'appropriation par de jeunes élèves de maternelle d'éléments de méthode scientifique comme la primauté de l'expérience, le test de la reproductibilité et de la robustesse d'une expérience. Il apparaît également que certains élèves réutilisent spontanément l'explication fournie en début d'entretien pour justifier leurs réponses. Ils peuvent identifier le caractère général de cette explication et en déduire qu'elle serait également applicable dans les nouvelles situations proposées (autres enfants, adultes, autre lieu, nouvelle bouteille, utilisation de la main à la place du bouchon).

Les premiers résultats obtenus avec cet entretien suggèrent donc que, même en l'absence de formation spécifique, de jeunes élèves possèdent déjà, de façon limitée, une première idée de la notion de reproductibilité. Le questionnaire développé, basé sur la découverte d'une nouvelle expérience, semble bien compris par les enfants et sa passation peut être réalisée par les enseignants eux-mêmes. Il est donc susceptible de constituer un outil polyvalent, utile aussi bien

pour la recherche que pour l'évaluation par leurs professeurs de certaines compétences d'ordre épistémologique de leurs élèves.

Comment faire passer l'entretien en classe ?

Avant même de lancer l'entretien, il est nécessaire de préparer en amont le matériel et de le tester. Utilisez de préférence une petite bouteille d'eau gazeuse (50 cL) pour la première expérience : plus rigide que les bouteilles d'eau plate, elle aura le mérite de moins se déformer entre les mains des élèves. Par surcroît, l'eau s'y arrête souvent de couler de façon plus marquée. Privilégiez également une bouteille dont le bouchon est facile à visser/dévisser. Le trou, d'environ 3 mm, doit être percé suffisamment bas pour disposer d'une réserve d'eau suffisante dans la bouteille : un élève un peu malhabile pourra s'y reprendre à deux fois pour visser le bouchon sans épuiser le contenu de sa bouteille (il suffira sinon de la remplir de nouveau et de boucher le trou avec le doigt). Pour la seconde expérience, choisir une bouteille plus grande, colorée, de forme différente et vérifier comme pour la première l'absence de fuite une fois le bouchon vissé (il peut arriver avec un trou trop large ou mal percé que des bulles d'air parviennent à rentrer dans la bouteille, permettant alors à de l'eau de s'échapper).

Dans la mesure du possible, privilégiez pour l'entretien un espace où les élèves se sentent en confiance et où vous ne serez pas trop dérangé. Indiquez aux élèves que c'est seulement leur avis qui vous intéresse et qu'il n'y a pas de bonne réponse attendue. Rappelez-leur également que s'ils ne comprennent pas une question, il faut qu'il vous le dise.

N'hésitez pas enfin à reformuler les questions, à transformer au besoin un « qu'est-ce qui te fait dire cela ? » en un « pourquoi penses-tu cela ? » ou à personnaliser certaines questions pour les enfants qui ont des difficultés à s'imaginer dans les situations proposées (« un grand de CE2 » ou « un petit de PS/MS » peuvent devenir « un élève dans la classe de _prénom de la maîtresse_ » pour les plus petits ou « un ami de ton grand frère » par exemple pour les plus grands).

Les questions 9, 12 et 17 sont un peu subtiles, ne vous étonnez donc pas si la plupart de vos élèves ne les comprennent pas en l'absence de travail préalable sur l'intérêt du test de la reproductibilité et de la robustesse avec eux. Des réponses positives aux questions 2, 8 et 11 avec une argumentation cohérente constituent un bon indicateur de l'appropriation de la reproductibilité par les élèves.

Exemple de dispositif utilisé pour faire passer l'entretien (©Blanquet)

Références bibliographiques

Akerson V. L. & Abd-El-Khalick F. (2005). « How should I know what scientists do ? — I'm just a kid » : Fourth-Grade Students' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Elementary Science Education*, vol. 17 n°1, p. 1-11.

Akerson V. L. & Donelli L. A. (2010). Teaching Nature of Science to K2 Students : What understandings can they attain ? *International Journal of Science Education*, vol. 32 n°1, p. 97-124.

Akerson V. L., Weiland I., Pongsanon K. & Nargund, V. (2010). Evidence-based Strategies for Teaching Nature of Science to Young Children. *Journal of Kirsehir Education Faculty*, vol. 11 n°4, p. 61-78.

Blanquet, E. & Picholle, É. (2019). Science or Magic? Reactions of 5-Year-Old Pupils to a Counterintuitive Experiment. *In* McLoughlin, E., Finlayson, O.E., Erduran, S., Childs, P. (dir.), *Bridging Research and Practice in Science Education, vol. 6.* Pays-Bas : Springer Ed., col. *Contributions from Science Education Research,* pp. 191-206*.*

Blanquet E. & Picholle É. (2017). L'Explicitation d'éléments de scientificité : un outil épistémologique *bottom-up* pour la démarche d'investigation à l'école primaire. In M. Bächtold, V. Durand-Guerrier & V. Munier, *Épistémologie et didactique,* Besançon : Presses Un. Franche-Comté, p. 221-234. En ligne : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01349335

Blanquet E. & Picholle É. (2016). A French Curriculum project for developing NoS Understanding at Kindergarten Level. Limerick Symposium on Nature of Science in Science Education. Limerick, Ireland, 25-29 octobre 2016.

Blanquet E. & Picholle, É. (2015). Premiers contacts avec la modélisation scientifique à l'école. In B. Amory & T. Évrard, *Les Modèles, des incontournables pour enseigner les sciences !* Louvain : de Boeck, coll. Outils pour enseigner, p. 45-55. En ligne : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01349628

Blanquet E. (2014). *La Construction de critères de scientificité pour la démarche d'investigation : une approche pragmatique pour l'enseignement de la physique à l'école primaire.* Thèse de doctorat de l'Université de Nice. En ligne : https://archive-ouverte.unige.ch/unige:42783 (consulté le 15 septembre 2019)

Blanquet E. & Picholle É. (2012a). Faire et refaire : varier les paramètres d'une expérience pour formuler une loi plus robuste. In B. Amory & T. Évrard, *Réveille-moi les sciences ! Apprendre les sciences de 2 1/2 à 14 ans,* Louvain : de Boeck, coll. Outils pour enseigner, p. 45-55. En ligne : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01349747

Blanquet E. (2012b). Vrai, pas vrai *vs.* possible, pas possible : Importance d'une formulation productive pour une investigation à partir d'albums jeunesse. In B. Amory & T. Évrard, *Réveille-moi les sciences ! Apprendre les sciences de 2 1/2 à 14 ans*, Louvain : de Boeck, , coll. Outils pour enseigner, p. 71-77. En ligne : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01349747

Blanquet E. & Picholle É. (2011a). Faire des sciences avec les tout-petits : le rôle de la fiction. In E. Blanquet & É. Picholle, *Science et fictions à l'école : un outil transdisciplinaire pour l'investigation ?* Nice : Somnium, p. 181-188. En ligne : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01352542

Blanquet E. & Picholle É. (2011b). Un cas d'école (maternelle) : *Plouf!* de Philippe Corentin. In E. Blanquet & É. Picholle, *Science et fictions à l'école : un outil transdisciplinaire pour*

l'investigation ? Nice : Somnium, p. 189-197. En ligne : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01349628

Blanquet E. (2010). *Sciences à l'école, Côté jardin. Le guide de l'enseignant*. Nice : Somnium. En ligne : https://somniumeditions.fr/bonus/special-confinement/

Charpak G. & Broch H. (2003). *Devenez sorciers, devenez savants*. Paris: Odile Jacob.

Hempel C. (2006). *Éléments d'épistémologie* (*Philosophy of Natural Science*, 1966). Paris : Armand Colin.

Lederman N. G., Abd-El-Khalick F., Bell R. L. & Schwartz R. (2002). Views of nature of science questionnaire: Towards valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching, 39(6),* 497–521.

Lederman N. G., Abd-El-Khalick F., & Smith M.U. (2019). Teaching nature of scientific knowledge to kindergarten through university students. *Science & Education,* n° 28, p. 197-203.

Lindell R.S., Peak E. & Foster T.M. (2007). *Are they all created equal? A comparison of different concept inventory development methodologies*. AIP conference proceedings 883, (pp.14–17). Syracuse, New York . https://doi.org/10.1063/1.2508680

Metz K. (1995). Reassessment of Developmental Constraints on Children Science Instruction. *Review of Educational Research*, 65: 93–127.

Metz K. (2004). Children's Understanding of Scientific Inquiry: Their Conceptualization of Uncertainty in Investigations of Their Own Design. *Cognition and Instruction*, 22:2, 219-290, DOI: 10.1207/s1532690xci2202_3

Novellaux S. (Writer). (2012, December 21). Speciale fin du monde [Television series episode]. In *On n'est pas que des pigeons*. Bruxelles, Belgium: RTBF. Accessible sur Youtube : https://www.youtube.com/watch?v=zSZzsl2k7OQ (27'39-28'20)

Saçkes M., Trundle K. C., Bell R. L. & O'Connell A. A. (2011). The influence of early science experience in kindergarten on children's immediate and later science achievement: Evidence from the early childhood longitudinal study. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 48, p. 217-235.

Schauble L. (1996). The development of scientific reasoning in knowledge-rich contexts. *Developmental Psychology, 32,* 102–119

Varelas M. (1997). Third and Fourth Graders' Conceptions of Repeated Trials and Best Representatives in Science Experiments. *JRST,* 34(9):853 - 872

Wimsatt W.C. (2007). *Re-Engineering Philosophy for Limited Beings*. Cambridge : Harvard Univ. Press

EDUSCOL (2019a). *Ressources maternelle, évaluer à l'école maternelle. De l'observation instrumentée au carnet de suivi*. Accessible sur le site eduscol (consulté en novembre 2019) https://cache.media.eduscol.education.fr/file/PRESENTATION_RESSOURCES/97/3/Ress_c1_Eval_presentation_543973.pdf

EDUSCOL (2019b). *Suivi et évaluation des apprentissages des élèves à l'école maternelle*. Accessible sur le site eduscol (consulté en novembre 2019) https://eduscol.education.fr/cid97131/suivi-et-evaluation-a-l-ecole-maternelle.html

MEN (2002). *Programmes d'enseignement de l'école primaire.* Bulletin Officiel, Hors série n°1

du 14 février 2002.
MEN (2015). *Programme de l'école maternelle*. Bulletin Officiel spécial n°2 du 26 mars 2015.