



HAL
open science

Le rapport à l'incertitude en sciences chez des enfants d'école élémentaire

Joanna Stierlin

► **To cite this version:**

Joanna Stierlin. Le rapport à l'incertitude en sciences chez des enfants d'école élémentaire. Education. 2023. dumas-04557306

HAL Id: dumas-04557306

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04557306v1>

Submitted on 24 Apr 2024

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

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



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



**UNIVERSITÉ
DE MONTPELLIER**



Mémoire de Master MEEF

Le rapport à l'incertitude en sciences chez des enfants d'école élémentaire

Joanna STIERLIN

Directeur de mémoire : Manuel Bächtold

CRT Education scientifique

Master 2 MEEF 1er degré

Année universitaire 2022-2023

Faculté d'éducation, Université de Montpellier

Résumé

Nous sommes constamment en train de prendre des décisions sur la base de données probabilistes. Je choisis de prendre un parapluie car j'ai regardé la météo et qu'il y a 80% de chances qu'il pleuve aujourd'hui. Cela implique de prendre en compte le degré d'incertitude des données. En sciences en particulier, les incertitudes sont inhérentes à la production de nouveaux résultats, et elles accroissent leur précision et leur exactitude.

Je m'intéresse dans ce mémoire au rapport des enfants à l'incertitude en contexte scientifique. Je me suis demandée si les enfants étaient capables de prendre conscience de ces incertitudes et de les utiliser de façon explicite. Dans cette étude à caractère exploratoire, j'ai mené des entretiens semi-dirigés avec 8 enfants, 4 enfants de 7 ans et 4 enfants de 10 ans, d'une école élémentaire de centre-ville. Ces entretiens avaient pour support des situations scientifiques concrètes. Les types d'incertitude soulevées par les enfants sont catégorisées selon une typologie inspirée de Metz, reprise par Schroeder (Schroeder et al., 2019). Les résultats montrent que la plupart des enfants ont conscience des incertitudes et arrivent à les verbaliser plus ou moins conceptuellement. Les élèves ont majoritairement verbalisé des incertitudes liées aux données (que ce soit des incertitudes dues à l'expérimentateur ou aux instruments). Les données ne permettent pas d'identifier des différences développementales, ce qui peut être lié au faible effectif d'élèves interrogés.

Si les enfants sont conscients des incertitudes, et savent intuitivement trouver des façons de les expliquer, il serait intéressant de développer des séquences de sciences permettant de discuter et de préciser le rôle des incertitudes en sciences, et ce, dès le début du cycle 2 afin que les enfants acquièrent une meilleure compréhension du fonctionnement de la science et de la construction d'une connaissance.

Sommaire

Introduction	4
Etat de l'art	7
De quelle incertitude parle-t-on ?	7
Types d'incertitudes liées au contenu d'une information scientifique	7
Croyances épistémiques et nature de la science	9
Des études sur le rapport à l'incertitude	12
Implications éducatives : vers une éducation à la gestion de l'incertain	14
Problématique	16
Méthodologie	18
Résultats et discussion	26
Conscience des incertitudes	26
Types d'incertitudes mobilisés	28
Evaluation d'une information scientifique	30
Conceptions sur la science formelle	31
Aspect développemental	33
Discussion, limites de cette étude et prolongements possibles	34
Conclusion	37
Bibliographie	39
Annexes	43
Annexe A: Guide d'entretien et images supports utilisées	43
Annexe B: Transcriptions	47
Annexe C: Catégorisation des réponses des enfants	83

Introduction

Nous vivons dans un monde incertain. A chaque instant de notre vie, nous devons faire des choix sur la base d'informations que nous retirons de notre environnement ou de nos propres connaissances. Ces informations peuvent être plus ou moins exactes, plus ou moins fiables, plus ou moins complètes et pourtant nous devons agir. Je décide de traverser la route mais je ne suis pas sûre que la voiture va s'arrêter, que je ne vais pas trébucher et tomber avant d'atteindre le trottoir d'en face, que le feu piéton n'est pas défectueux et m'indique bien de traverser. Nous sommes donc tout le temps en train de gérer le degré d'incertitude des informations que nous recevons. Ces prédictions nous servent à prendre des décisions et à agir. Avec la pandémie, l'incertitude que nous devons gérer s'est accrue: nous avons une visibilité moins grande dans le futur car nous savons que tout peut basculer, que l'épidémie peut changer notre manière de vivre et d'interagir. En 2019 dans une étude menée sur un échantillon de la population française, plus de 70% des personnes qui ne voulaient pas se faire vacciner étaient opposés à la vaccination par manque de confiance en les institutions et les entreprises pharmaceutiques (Hacquin et al., 2020). Autrement dit, on peut supposer qu'ils ressentaient une incertitude quant à l'efficacité du vaccin. Cette incertitude, particulièrement présente dans les questions socio-scientifiques, crée une source d'angoisse car nous éprouvons une certaine aversion pour l'incertain, qui entraîne le doute (Carleton, 2016). Or comme le souligne Siobhan Roberts dans un article du New York Times, il serait plus simple de s'emparer du doute et d'intégrer l'incertitude dans nos choix plutôt que de lui résister (Roberts, 2020). Le doute serait alors un moyen de se construire. Il faut être vigilant néanmoins sur ce point car il ne s'agit pas de remettre tout en cause et de douter de tout pour tendre vers un scepticisme total comme le souligne le rapport de la commission Bronner sur l'éducation aux médias et à l'esprit critique (Bronner, 2022), mais bien d'intégrer l'incertitude dans le choix de nos informations. Cette éducation à l'évaluation des informations, qui s'inscrit dans une perspective plus large d'éducation à l'esprit critique doit se faire dès l'école primaire, comme le préconise aussi ce même rapport (Recommandation 27 du rapport: systématiser la formation à l'esprit critique et à l'EMI en milieu scolaire dès l'école primaire).

A l'école, on demande en effet dès le plus jeune âge aux enfants de justifier leurs choix de façon rationnelle et d'avoir un recul critique sur les informations qu'ils reçoivent, en faisant dans un premier temps la distinction entre croyance et savoir. Cette distinction va peu

à peu s'affiner pour aller vers une distinction dans la qualité des informations qu'ils reçoivent ("Je sais que je ne peux pas être totalement sûr de cette information car elle n'est pas très fiable pour x raisons"). En cycle 3, le programme de sciences souligne que "la construction de savoirs et de compétences, par la mise en oeuvre de démarches scientifiques et technologiques variées et la découverte de l'histoire des sciences et des technologies, introduit la distinction entre ce qui relève de la science et de la technologie et ce qui relève d'une opinion ou d'une croyance". En éducation morale et civique, la culture du jugement est aussi encouragée avec plusieurs compétences travaillées du cycle 2 au cycle 4 : Développer les aptitudes au discernement et à la réflexion critique et s'informer de manière rigoureuse (p 62).

Cette éducation s'inscrit aussi dans plusieurs domaines du socle commun de connaissances, de compétences et de culture, principalement celui de la formation de la personne et du citoyen, contribuant à former des individus responsables de leurs choix en ayant reçu une éducation morale et civique, mais elle donne aussi des méthodes et outils pour apprendre, notamment en gérant son accès à l'information et son utilisation des outils numériques. Enfin, on insiste spécialement sur l'éducation à l'esprit critique dans le domaine 4 (Systèmes naturels et systèmes techniques) en visant une attitude basée sur la raison : « Le discours produit est argumenté et prend appui sur des observations et des recherches et non sur des croyances. Cet enseignement développe une attitude raisonnée fondée sur la connaissance. » (p. 7, contributions des programmes au socle).

Dans cette optique d'éducation à l'évaluation des informations que les élèves reçoivent, et pour éduquer de la meilleure manière qu'il soit, il peut être intéressant de connaître plus en détails la façon dont les enfants reconnaissent ou non, comprennent et gèrent l'incertitude, et notamment en sciences où on la rencontre plus fréquemment à l'école primaire. Par exemple, lorsqu'on fait l'expérience de changement d'état de l'eau de solide à liquide, il n'est pas rare que les élèves obtiennent des valeurs différentes, regroupées autour de la valeur théorique de 0°C (à pression atmosphérique). Il existe alors une source d'incertitudes liée à la précision de la mesure qu'il faudra expliquer aux enfants. En effet, l'incertitude est un phénomène inhérent aux sciences, et c'est celle-ci qui rend la science rigoureuse et qui permet le progrès (Kampourakis, 2018). D'autres sources d'incertitudes peuvent être relevées dans l'enseignement des sciences, notamment relatives aux questions socio-scientifiques comme les questions d'énergie ou de développement durable (Morin et al., 2014). Ne pas montrer d'incertitudes en cours de sciences reviendrait à transmettre aux élèves (et aux étudiants) une conception erronée des sciences, toujours selon Kampourakis.

Avant de se pencher sur les possibilités d'éducation liées à la gestion des incertitudes, j'aimerais justement comprendre si les enfants en âge d'aller à l'école élémentaire sont capables de concevoir les incertitudes dans le domaine d'enseignement des sciences (c'est-à-dire de reconnaître leur existence et leur rôle) et de les utiliser à bon escient. La question qui guide mes recherches dans le cadre de ce mémoire est donc la suivante:

Quel rapport à l'incertitude en sciences des élèves de primaire peuvent-ils éprouver?

Pour esquisser un début de réponse à cette question, je m'appuierai sur différents champs de littérature qui nécessitent d'être mis en relation pour ma recherche. En me basant sur ces travaux, j'ai construit une expérimentation sous forme d'entretiens semi-structurés me permettant d'acquérir de nouvelles données concernant le rapport des enfants aux incertitudes. Je présente dans une dernière partie les résultats que j'ai obtenus tout en les discutant et en les remettant dans une perspective plus générale d'éducabilité à l'incertitude.

Etat de l'art

De quelle incertitude parle-t-on ?

L'incertitude possède plusieurs définitions, la première d'entre elles selon le CNRTL étant «le caractère d'imprécision d'une mesure, d'une conclusion». C'est une quantité qui permet d'estimer le taux d'erreur d'une affirmation. Plus généralement, on peut voir le terme incertitude comme une absence de certitude concernant une assertion, une conclusion. En effet, l'incertitude se rapporte à une incapacité à prévoir et estimer tous les paramètres d'un phénomène, ce qui peut amener à un doute concernant les conclusions que l'on peut tirer d'un résultat. De ce fait, l'incertitude porte toujours sur un objet (une source, un appareil de mesure, etc.), sur le résultat d'une manipulation (une mesure, les données d'un modèle, etc.) ou sur la conclusion issue d'un raisonnement impliquant des incertitudes. Nous détaillons dans un premier temps les différents types d'incertitudes rencontrées dans le domaine des sciences.

Types d'incertitudes liées au contenu d'une information scientifique

Lorsque l'on parle d'un résultat scientifique, celui-ci est toujours donné avec une incertitude. Des incertitudes peuvent être associées aux connaissances elles-mêmes. On peut distinguer différents types d'incertitudes et ces différents types d'incertitudes peuvent eux-mêmes s'expliquer de différentes manières.

- Incertitudes sur la valeur d'une mesure obtenue lors d'une expérience

Ce sont généralement les incertitudes étudiées dans l'enseignement secondaire, que l'on peut classer en deux catégories, selon le type d'erreur : systématique (un des instruments physiques est mal calibré), ou aléatoire. On peut distinguer plusieurs raisons pour lesquelles l'erreur est aléatoire : soit les systèmes étudiés ou la procédure de réalisation de mesure ne sont pas totalement équivalents, soit la variabilité est bien présente dans le phénomène étudié et explique la dispersion.

La distinction opérée entre systématique ou aléatoire peut être redistribuée dans des catégories différentes. Schroeder & al., dans un article paru en 2019, utilisent une catégorisation plus fine. Ils distinguent des catégories d'incertitudes et leurs sources associées: incertitude liée aux données (source: erreur instrumentale ou de

l'expérimentateur), incertitude liée à une tendance identifiée dans les données (source: procédure expérimentale, dans la forme des données, dans le nombre de données qui est insuffisant, incertitude dans le design de la recherche)

- Incertitudes concernant l'interprétation des données

Les mêmes données peuvent être interprétées différemment selon le modèle adopté.

Cette catégorie correspond à ce que Schroeder appelle dans son article la "théorie qui explique le mieux les résultats".

- Incertitudes concernant le modèle (ou la théorie) à retenir pour rendre compte d'un ensemble de données

Un modèle stabilisé ou non peut être amélioré ou peut être réfuté par un modèle qui rend mieux compte des données. On peut aussi ajouter ici la possible généralisabilité des données dont parle Schroeder.

- Incertitudes concernant les valeurs prédites par le modèle (ou la théorie)

Ces incertitudes peuvent être liées à la complexité du système (e.g. un modèle déterministe comme pour la prédiction de phénomènes météorologiques) ou peuvent être intrinsèques au résultat du modèle (e.g. un modèle indéterministe comme les théories de physique quantique).

Ces incertitudes sont inhérentes à la pratique scientifique, et c'est ce qui fait que la science est rigoureuse, car elle permet de s'exprimer et de quantifier clairement le degré de fiabilité et de réplicabilité d'un résultat scientifique. Selon Kampourakis, ce type d'incertitudes devrait faire l'objet d'un enseignement dès le plus jeune âge, car il est souvent facteur d'incompréhension sur le fonctionnement des sciences et source d'idées fausses. Il prend l'exemple des travaux pratiques, durant lesquels le professeur s'arrangent souvent pour que l'expérience fonctionne correctement la plupart du temps et qu'elle donne un résultat équivalent pour tous les groupes. Or cela n'est pas représentatif du fonctionnement de la science et de ce que vont rencontrer les étudiants plus tard lorsqu'ils feront face à des travaux de recherche. On n'obtient rarement un résultat dès le premier essai, il va d'abord falloir adapter les paramètres pour finalement arriver lentement à un résultat. On avance donc dans le flou, l'incertain. La science se construit peu à peu et doit sans cesse gérer toutes les incertitudes liées à la recherche.

Croyances épistémiques et nature de la science

En plus de ces incertitudes inhérentes à la pratique scientifique, d'autres types d'incertitudes seront pris en compte lorsqu'il s'agit d'évaluer une information scientifique. En effet, nous devons gérer beaucoup de paramètres liés à cette information, dont certains nous sont inconnus, ce qui va nous amener à intégrer l'information à notre système de croyance avec un certain degré de fiabilité ou à la rejeter. Une étude a montré que la confiance que l'on avait en une information dépend beaucoup des croyances que nous avons déjà sur le sujet (Van der Bles et al., 2020). Le résultat va être jugé selon nos croyances épistémiques, c'est-à-dire nos croyances sur la nature de nos connaissances. De plus, notre confiance en l'information va varier selon notre conception même du fonctionnement de la science et du statut que nous lui donnons. Toutes ces croyances vont modifier notre incertitude concernant l'information scientifique qui nous est présentée.

Nous jugeons une information selon nos propres croyances sur la nature des connaissances et des processus d'acquisition de connaissances ("process of knowing"). Chen, dans sa discussion sur un livre de Kostas Kampourakis et de Kevin McCain, explique que l'on peut distinguer la certitude épistémique (le poids des preuves lorsqu'il s'agit d'une croyance particulière, basé sur la qualité des preuves) et la certitude psychologique (la conviction avec laquelle nous croyons quelque chose, indépendamment de la qualité et de la suffisance des preuves à l'appui) (Chen, 2022). La certitude psychologique prend souvent le dessus et nous empêche de chercher plus d'informations (Kampourakis & McCain, 2019). D'autres auteurs parlent quant à eux de stades de compréhension épistémologique, régis par des dimensions objectives et subjectives (Kuhn et al., 2000). Ils avancent que la dimension objective domine d'abord, c'est le stade absolutiste : la connaissance est placée dans le monde extérieur et peut être connue avec certitude, l'esprit critique étant alors non nécessaire. Ce stade laisse place un stade subjectif ou multipliste, où la connaissance dépend de chaque personne selon ses opinions, qui ont toutes une même valeur. Un dernier stade rassemble ensuite les deux dimensions pour atteindre un équilibre. C'est le point de vue évaluativiste : les assertions sont des jugements qui peuvent être évalués et comparés selon des critères d'argumentation et de preuve. C'est cet aspect de la conscience métacognitive qui est souvent activée dans le processus de construction des connaissances que Hofer appelle "l'épistémologie personnelle" (Hofer, 2004). Ces croyances ou ces théories sont indispensables à l'apprentissage selon l'auteur.

Certains chercheurs ont ensuite essayé de dépasser le concept de développement par stades pour les croyances épistémiques en cherchant à construire des dimensions selon lesquelles nos croyances pourraient évoluer. Conley explique dans un de ses articles l'évolution de la construction de ces dimensions (Conley et al., 2004). Une revue sur le développement des théories épistémologiques a été effectuée par Hofer et Pintrich (Hofer & Pintrich, 1997). En reprenant le travail de Schommer et d'autres chercheurs, ils proposent de séparer les croyances épistémiques en deux grandes catégories, selon si elles concernent la nature des connaissances (nature of knowledge) ou la nature du processus d'acquisition de connaissance (nature of knowing). Chaque catégorie contient deux dimensions qui sont développées dans leur article.

“Nature of knowledge”

Dans la nature des connaissances, une dimension est la *certitude d'une connaissance*: c'est le fait qu'une connaissance nous apparaisse de fluide à certaine. Au plus faible de cette dimension, la vérité absolue nous semble atteignable et définit la connaissance scientifique dans la majorité des cas. Au plus haut de cette dimension, la connaissance apparaît comme fluide, il peut y avoir plusieurs bonnes réponses à un problème complexe. C'est la dimension qui nous intéressera le plus dans le cadre de ce mémoire car elle permet de prendre en compte les incertitudes comme un processus inhérent à la pratique scientifique et à la construction de connaissances. Une autre dimension est la *simplicité de la connaissance* dans sa structure. Au plus faible de cette dimension, les connaissances scientifiques sont vues comme une accumulation d'observations, au plus haut la connaissance est vue comme contextuelle et imbriquée.

“Nature of knowing”

On parle ici du processus par lequel on arrive à obtenir une connaissance. Deux dimensions sont développées par Hofer et Pintrich, qui sont la dimension de la source et de la connaissance et la justification de cette connaissance. Pour la dimension source, l'enjeu est de savoir d'où vient la connaissance (est-ce un processus extérieur à soi ou est-ce un processus de co-construction ?). Pour la justification de cette connaissance, il s'agit de savoir si la connaissance à intégrer est basée sur des preuves, sur des experts plus ou moins compétents.

D'autres chercheurs séparent cette capacité à évaluer des informations et à les intégrer ou non à notre système de croyance en deux briques élémentaires de la cognition : la vigilance

épistémique (qui consiste à s'appuyer sur des critères et des indices pour évaluer les chances que les informateurs fournissent des informations trompeuses ou incorrectes) et la métacognition (la capacité à réfléchir et à évaluer ses propres mécanismes cognitifs) (Pasquinelli et al., 2021). On peut donc s'accorder de dire que les représentations que nous avons sur le développement d'une connaissance jouent un rôle prépondérant dans l'acquisition de connaissances, en particulier de nos connaissances scientifiques.

Nous évaluons une information scientifique au prisme de nos connaissances sur la nature de la science. La question de la pertinence d'une information pour nous dépend de nos croyances mêmes sur ce qu'est la science. Dans le chapitre 28 de son livre, Ledermann décrit la science comme un corps de connaissance, des méthodes ainsi qu'une façon de créer de la connaissance. Comprendre la nature de la science revient à faire la distinction entre observation et inférence, comprendre que la science est déductive, que certaines théories sont guidées par des courants de pensée scientifiques, issues d'une certaine culture ou communauté scientifique (la science est socialement et culturellement ancrée), c'est saisir aussi que la science est créative, inventive, et que tout cela fait qu'elle n'est pas absolue ou certaine, que ses théories sont sujettes au changement (Lederman, 2007). Ce dernier point prouve donc que la science elle-même comporte des incertitudes. Ainsi, selon nos croyances sur la nature de la science, nous allons juger des informations scientifiques de manières différentes. Par exemple, si nous pensons que la science est absolue, alors les incertitudes peuvent rendre une information moins crédible à nos yeux. Plusieurs recherches ont été menées sur les conceptions qu'ont les étudiants et les enseignants de la science, qui peuvent nous renseigner sur la façon dont sont enseignées et perçues les sciences à l'école.

Les croyances épistémiques et notre rapport à la science vont donc modifier notre rapport à la connaissance scientifique et nous amener à avoir des jugements différents sur les informations scientifiques que l'on reçoit, en particulier selon la source (l'école, la recherche, les médias, etc.) de cette information.

L'évaluation de la qualité d'une information dépend donc de beaucoup de facteurs différents régis par nos croyances. En science de la décision, des recherches tentent d'élaborer des modèles intégrant les incertitudes dans les paramètres qui entraînent une décision du participant. Cette gestion des incertitudes peut être formalisée dans un cadre théorique bayésien ; nous attribuons à chaque événement une probabilité d'occurrence : en fonction de nos croyances et de la vraisemblance de l'événement, nous inférons sa probabilité

d'apparition (Meyniel et al., 2015). Les différents types d'incertitudes seront soit intégrés pour générer une seule loi de probabilité, soit gérés par différents niveaux d'incertitudes. Ce type de modèle permet notamment de mettre en lumière le fait que nous sommes capables d'intégrer des incertitudes dans l'évaluation et la mise à jour de nos croyances.

Des études sur le rapport à l'incertitude

Une étude de Van der Bles & al. sur un grand nombre de participants a montré qu'une information sur des chiffres (sur des faits de société pas nécessairement scientifiques) donnés avec des incertitudes numériques ne changeait pas la confiance des participants en cette information, alors même qu'ils percevaient une plus grande incertitude sur les chiffres. On peut donc supposer qu'une partie de la population adulte est capable d'intégrer les incertitudes à leur raisonnement, mais qu'en est-il des enfants ?

A l'école primaire déjà, on rencontre certains types d'incertitude décrites plus haut et les élèves doivent aussi y faire face dans leur vie quotidienne. Cependant, même si des études sur le rapport aux incertitudes des enfants existent, elles sont encore très rares. On peut trouver des références intéressantes dans le cadre de jeunes enfants voire de nourrissons ou sur des enfants présentant des troubles particuliers. Les études sur les jeunes enfants sont souvent liées au champ de la théorie de l'esprit, on cherche par exemple à comprendre quelle source va préférer l'enfant lorsqu'il doit faire un choix dont il n'est pas certain. Pour cela, il doit attribuer des intentions aux interlocuteurs. Ces études montrent que dès le plus jeune âge, les enfants sont capables de discriminer des sources et de demander des informations préférentiellement à certaines personnes (par exemple, des personnes familières ou des personnes qui ont montré une certaine bienveillance à leur égard) pour lever une incertitude (Kinzler et al., 2011). Dans le cas de troubles, les études s'intéressent entre autres au rapport entre l'intolérance à l'incertitude et l'anxiété (Osmanağaoğlu et al., 2018).

Le champ de recherche de la prise de décision apporte un autre regard sur la question. Dans ce domaine, les participants sont souvent confrontés à des choix, pour lesquels il y a un certain degré de risque. Le risque est lié à la prévisibilité plus ou moins grande d'un événement, qui peut parfois se traduire en termes d'incertitudes. Certaines de ces études ont été réalisées avec des enfants et même si elles sont plus fréquentes avec des adolescents. Ces études tendent à montrer que les enfants sont capables de prendre en compte les risques (ou

incertitudes, même si le lien mérite d'être clarifié) dans leur choix. Une méta-analyse observe qu'en situation de laboratoire, les enfants sont les personnes qui prennent le plus de risque dans leurs décisions (Defoe et al., 2015). Cependant, dans le cas de décisions complexes, les informations probabilistes ne semblent pas toujours prises en compte par les enfants. Une étude faite sur la probabilité qu'un animal trouve un trésor montre que les enfants ont tendance à négliger le fait que les animaux du jeu n'ont pas tous été programmés pour avoir les mêmes probabilités de trouver le trésor (Lang & Betsch, 2018). Dans leur étude, ce n'est qu'à partir de l'âge 9 ans que les enfants commencent à faire des choix basés sur les probabilités. Cela tend à suggérer qu'il n'est pas certain que des enfants d'école primaire (plus jeunes que 9 ans) puissent faire des choix tenant compte explicitement, et même implicitement des probabilités. Néanmoins, ce résultat semble dépendre de la façon dont les probabilités sont présentées (Betsch et al., 2021). Je parle ici de gestion des probabilités car c'est ce qui se rapproche le plus d'études autour de la gestion de l'incertain. J'ai retenu de ces lectures qu'une attention particulière devait être allouée à la façon dont les incertitudes sont présentées aux enfants lors de l'élaboration de l'entretien.

Il est important de s'intéresser à la façon dont les enfants gèrent l'incertain et quelles sont leurs réactions psychologiques traduites ou non par un comportement à une information incertaine. Ce champ de recherche ne semble que très peu exploré dans d'autres domaines que celui de la prise de décision.

Deux études particulièrement intéressantes pour ce mémoire ont été menées avec des enfants d'école primaire. En partant d'une investigation réalisée par les élèves en science sur le comportement animal, une analyse des entretiens a abouti à une taxonomie des différentes incertitudes conceptualisées par les enfants (Metz, 2004). Les cinq catégories identifiées sont : incertitude sur la façon de produire un résultat, incertitude sur la mesure, incertitude sur la tendance des données due au design expérimental, incertitude sur la généralisation des résultats, et incertitude sur la théorie qui explique les données. Environ trois quarts des enfants arrivent dès 7-8 ans à conceptualiser au moins une catégorie d'incertitude, la plus fréquemment soulevée étant l'incertitude sur la tendance des résultats. La plupart arrivent même à trouver des stratégies pour réduire les différentes incertitudes identifiées. L'article de Schroeder & al. reprend le cadre d'entretien de Metz et poursuit l'investigation en posant à des enfants de 10 et 14 ans (respectivement 17 et 16 enfants) des questions sur la perception de l'incertitude dans leurs propres expériences scientifiques, avant de leur poser des questions plus générales sur la science formelle (Schroeder et al., 2019). Ils cherchent à savoir s'il

existe une évolution développementale des rapports aux incertitudes. Les résultats de leur étude montrent que les élèves de 14-15 ans (Grade 9) sont plus nombreux à identifier l'incertitude dans la majorité des catégories, même si les résultats sont très différents pour chaque catégorie. Plus de la moitié des enfants ont réussi à conceptualiser au moins 3 des catégories d'incertitude, tout âge confondu. Les deux articles partent donc d'une expérience scientifique que les enfants ont faite par eux-mêmes et en parlent en entretien. Ils mettent en avant l'importance de l'apprentissage par la recherche et par la démarche d'investigation. Mon étude pourrait donc s'inscrire dans le prolongement de ces études et contribuer à cette recherche approfondie du rapport à l'incertitude qu'entretiennent des enfants en âge d'aller à l'école primaire.

Implications éducatives : vers une éducation à la gestion de l'incertain

L'enjeu est ensuite de savoir s'il est bénéfique d'enseigner les incertitudes comme sujet, ou encore de les utiliser comme levier dans les apprentissages. Plusieurs études se sont intéressées à la façon dont les étudiants réfléchissent lorsqu'ils ont à évaluer des informations. C'est une première étape pour comprendre la façon dont ils traitent et intègrent les informations qu'ils reçoivent. Hofer a par exemple étudié la façon dont les étudiants réalisaient des recherches sur internet en les faisant penser à haute voix. Les résultats montrent qu'ils sont capables d'évaluer les informations qu'ils trouvent et d'expliquer au moins en partie leur raisonnement à voix haute donc consciemment, ce qui est intéressant car l'étude montre ainsi qu'il semble donc possible d'étudier ces moments d'évaluation d'une information, ce qui justifie en partie la méthodologie qui sera présentée ci-dessous.

En outre, il est possible d'utiliser les incertitudes comme moyen de soulever un problème, un débat. Le but est alors de soulever l'incertitude d'un phénomène, de la maintenir en montrant les failles, les incohérences d'un argument, avant de la réduire en synthétisant les informations de qualité, consensuelles (Chen et al., 2019). En même temps que de débattre sur un problème, cela permet de montrer le caractère évolutif des incertitudes : en recherchant de nouvelles informations, en discutant avec d'autres il est possible de préciser nos croyances sur une question. Les incertitudes sont alors un levier d'apprentissage tout comme une expérience en soi. En sciences, (She et al., 2019) a montré que le niveau des croyances épistémiques est un prédicteur majeur du niveau des élèves en sciences.

Cette éducation à l'incertitude en sciences peut faire partie d'un projet plus grand d'une éducation à l'esprit critique. Dans ce cadre, une réflexion sur les incertitudes liées à une information scientifique participerait à la formation d'un individu capable de faire confiance à une information sur la base de critères objectifs. La gestion des incertitudes est liée à la calibration de la confiance que nous plaçons en une certaine information. De ce point de vue, il serait essentiel de pouvoir proposer une éducation à l'esprit critique (Pasquinelli et al., 2021). Un rapport éclairé aux incertitudes en sciences permettrait donc de mieux évaluer les informations, en particulier les informations scientifiques.

Problématique

Il existe de multiples sources d'incertitudes dans les sciences, l'incertitude se rapportant toujours à un objet ou au résultat d'une action. Pour évaluer correctement la qualité d'une information scientifique, il faut mobiliser les connaissances relatives à ces différents types d'incertitudes. Le rapport des élèves à la connaissance scientifique est beaucoup étudié en université ou au lycée, mais très peu d'études sont réalisées pour des individus plus jeunes. Or dès l'école primaire, on demande aux élèves d'acquérir un recul critique dans leurs apprentissages, ce qui nécessite une vigilance épistémique et une gestion des incertitudes. Faire avec les incertitudes revient à agir dans le doute, ce qui peut être perturbant et parfois même angoissant pour certains enfants. Néanmoins, plusieurs auteurs montrent que le doute et les incertitudes peuvent avoir un effet bénéfique sur les apprentissages (She et al., 2019), et qu'il est indispensable pour se construire en tant que personne et futur citoyen. En outre, les incertitudes jouent un rôle important dans la construction des connaissances scientifiques.

Ainsi, il serait intéressant d'étudier la façon dont les enfants perçoivent (ou non) les incertitudes et de savoir s'ils sont capables de les mobiliser dans l'explication de certains phénomènes ou informations. On peut alors se poser la question suivante:

Quel rapport à l'incertitude en sciences des élèves de primaire peuvent-ils éprouver?

Je décline cette question à caractère exploratoire en trois sous-questions opératoires auxquelles mon étude apportera des éléments de réponse:

- 1) Les enfants sont-ils conscients ou non des incertitudes et sont-ils capables de le verbaliser ? Si les enfants arrivent à repérer une incertitude, quel type de vocabulaire vont-ils utiliser pour en parler ? Il sera intéressant dans un même temps d'observer la valence (positive ou négative) qu'accordent les élèves aux incertitudes.
- 2) Quels types d'incertitudes sont-ils capables de repérer ? Pour cela, je reprendrai les types d'incertitude développés dans l'état de l'art de ce mémoire.
- 3) Sont-ils capables de mobiliser ces types d'incertitudes pour évaluer une information scientifique ?

Une première étape est donc de savoir si les élèves sont conscients de l'existence des incertitudes et s'ils sont capables de les mobiliser pour évaluer une information scientifique.

Toutes ces questions ont pour objectif d'essayer de comprendre le rapport des enfants au statut des connaissances, au savoir et à l'information.

Les résultats de mon travail pourront amorcer une réflexion sur la pertinence ou non d'introduire les incertitudes en sciences en primaire, et la manière de les mettre au profit des apprentissages (cf l'article de (Fensham, 2012) pour une réflexion sur la manière d'éduquer en sciences par les questions socio-scientifiques).

Hypothèses

L'étude étant exploratoire, les hypothèses sont données à titre indicatif.

1) Nous faisons l'hypothèse que certains enfants arrivent à verbaliser la conscience d'une forme d'incertitude sans pour autant utiliser du vocabulaire approprié. C'est justement le vocabulaire utilisé qu'il sera intéressant d'analyser afin de comprendre si les enfants sont capables de comprendre intuitivement la présence d'incertitude. On peut aussi supposer que les enfants vont accorder une valence plutôt négative à une information incertaine comparée à une information donnée avec certitude.

2) On suppose que certaines sources d'incertitude seront plus faciles que d'autres à verbaliser pour les enfants, notamment l'incertitude sur les données liée due à l'expérimentateur ou à l'instrument de mesure. Les incertitudes sur le protocole seront peut-être plus difficiles à verbaliser car elles mettent en jeu des connaissances sur la rigueur d'une démarche expérimentale.

3) Il n'est pas certain qu'alors même que les élèves repèrent des sources d'incertitude pertinentes, ils soient capables de les mobiliser pour évaluer à bon escient une information.

4) D'un point de vue développemental, on peut supposer que les élèves de CM2 auront un vocabulaire plus conséquent et auront donc plus de chances d'utiliser des mots pertinents pour décrire les incertitudes, et auront une capacité plus élevée à repérer les sources d'incertitude en jeu dans les différentes situations. Il est possible que le langage soit limitant pour des élèves de CE1. Nous faisons donc l'hypothèse que la densité de connaissances intuitives sur les incertitudes est corrélé au niveau langagier de l'élève, et donc à son âge.

Méthodologie

Objectif

L'objectif dans un premier temps est de savoir ce qu'un enfant est capable de conscientiser ou non, puis de verbaliser à propos des incertitudes. Les informations que l'enfant pourra nous donner à ce sujet nous permettront de construire une catégorisation des différents rapports aux incertitudes en sciences que peut développer un élève d'école élémentaire. Pour cela, j'ai construit une catégorisation inspirée de la littérature présentée précédemment dans ce projet de mémoire. Je souhaite aussi comparer les réponses d'enfants d'âge différents, car il a été observé dans plusieurs études que les conceptions concernant les sciences et leur nature peuvent changer dans certaines dimensions au cours de l'enfance et de l'adolescence (Conley et al., 2004). Je réaliserai des entretiens avec des enfants de CE1 qui ont entre 7 et 8 ans, puis avec des enfants de CM2 qui ont entre 10 et 11 ans.

Méthode

Mon thème étant assez complexe et peut-être inhabituel pour des élèves d'élémentaire, il me semble plus judicieux de recueillir mes premières données à l'oral afin de pouvoir interagir avec l'élève et rebondir sur ses propos. Je m'inspire pour cela de deux études réalisées sous forme d'entretiens avec des enfants d'école élémentaire sur le sujet des incertitudes (Metz, 2004; Schroeder et al., 2019). Pour réaliser la catégorisation, j'ai choisi de mener des entretiens semi-directifs sur un échantillon restreint d'élèves (8 entretiens ont été réalisés au total), d'une durée approximative de 15 minutes chacun, cette durée étant adaptée à la capacité attentionnelle des enfants et à l'effort cognitif demandé. De plus, dans l'ouvrage de méthodologie intitulé *L'entretien de recherche qualitatif* de Gérald Boutin, il est conseillé de faire entre 10 et 15 entretiens, avec possibilité de s'arrêter lorsqu'il y a saturation, c'est-à-dire que les réponses des nouveaux enquêtés n'apportent pas de nouvelles données à l'étude (Boutin, 2019). Je me limite à 8 entretiens étant donné le caractère exploratoire et qualitatif de mon étude, le temps dont je dispose et le peu d'anticipation que j'ai sur le comportement des enfants en entretien. Ce type d'entretien est intéressant car la structure de l'entretien est prédéfinie, mais j'ai la possibilité de m'adapter en direct aux réponses des enfants et rebondir sur des propos intéressants. En outre, cela permet d'accompagner les élèves dans leur réflexion, de l'approfondir et de les étayer sur un sujet qui ne leur est pas familier.

Participants et contexte

Les enfants interrogés sont issus de deux classes de l'école dans laquelle j'enseigne en tant que professeur des écoles stagiaire. C'est une école du centre de Montpellier, qui accueille une population plutôt favorisée. J'ai effectué 4 entretiens avec des enfants de 7 ans (2 filles, 2 garçons) qui sont donc en CE1 dans la classe dans laquelle j'enseigne, et 4 entretiens avec des enfants de 10 ans, qui sont donc en CM2 dans la classe d'une de mes collègues. Cela me permettra ensuite de pouvoir comparer les réponses d'enfants d'âges différents. Les entretiens se sont déroulés dans la bibliothèque ou la salle d'activités de l'école. La sélection des enfants est basée sur un niveau de langage leur permettant de répondre à mes questions et sur la diversité des profils. Ce sont donc des élèves qui ne sont pas toujours en réussite en sciences. La parité est respectée.

Considérations éthiques

Les élèves et leurs représentants légaux ont signé un formulaire d'autorisation de participation à une étude avec enregistrement de la voix. Au début de l'entretien, j'explique aux enfants l'objectif de la discussion et le fait que l'échange sera enregistré. Les noms des enfants sont anonymisés pour la transcription et l'analyse.

Déroulement de l'entretien

Poser la question qui m'intéresse de façon directe aux élèves me paraît ambitieux, car le simple terme "d'incertitude" n'est peut-être pas compris de tous. Le langage ne doit pas être un obstacle car ce n'est pas ce qui m'intéresse dans cette étude. De plus, le concept scientifique d'incertitude est complexe. Il ne sera formalisé qu'au lycée et relève du domaine des statistiques, il est donc peu probable qu'un élève puisse me donner une définition correcte.

J'ai donc construit un guide d'entretien autour de deux situations concrètes pour permettre aux élèves de s'appuyer sur ces situations, puis d'élargir à des questions plus générales. Le guide d'entretien est présenté en Annexe A.

Je commence l'entretien par une question ouverte pour engager l'enfant dans la discussion et le faire entrer dans le thème qui m'intéresse: la sciences.

Ensuite, je continue par la présentation de situations scientifiques dans lesquelles les élèves auront à faire des choix et à les justifier, sur deux thèmes de sciences au programme de cycle 2: l'observation d'un être vivant dans un écosystème et les changements d'états de l'eau.

Je commence par une question sur le recensement des moineaux dans un parc, qui est inspiré d'un article qui avait étudié l'effet de la présence d'incertitudes sur la confiance apportée à l'information (Van der Bles et al., 2020): on présente le même résultat, l'un sans et l'autre avec incertitude et on demande à l'élève quel résultat il préfère croire et pourquoi. Cela me permet d'avoir une première idée de ce que l'élève est capable de verbaliser sur les incertitudes. Il me permet aussi de pouvoir explorer la valence émotionnelle apportée aux informations. Sont ensuite étudiées différentes sources d'incertitude en jeu dans cette situation.

Je continue l'entretien avec une expérience pour trouver la température de solidification de l'eau. Il faut préciser que cette situation a été vécue en classe par mes élèves de CE1 mais pas par ceux de CM2. J'ai fait l'hypothèse qu'il serait ainsi plus facile pour mes élèves de réellement comprendre la situation proposée et d'être confrontés à la question des incertitudes dans une démarche scientifique. Lors de la conclusion de la séquence, les élèves ont évoqué des pistes pour expliquer les différences de résultats entre les groupes, mais je ne suis volontairement pas intervenue pour pouvoir creuser leurs idées pendant l'entretien. Je reviendrai sur l'explication des résultats après la passation des entretiens.

Les questions que je leur pose sont directement inspirées de (Schroeder et al., 2019) et de sa catégorisation. L'analyse à priori des questions du guide d'entretien, avec la catégorisation est présentée ci-dessous:

En gris, les questions qui ne sont pas reprises dans la catégorisation à posteriori car elles ne portent pas sur les incertitudes.

Question	Objectifs de la question & types d'incertitudes en jeu	Réponses attendues des enfants
SITUATION 1: conscience des incertitudes, valence associée et rôle des incertitudes en sciences		
Que raconte cette situation / histoire ?	Savoir si l'enfant a compris la situation + partir de ses mots à lui Comprendre que les deux scientifiques ne disent pas exactement la même chose.	Restitue partiellement ou complètement l'histoire Parle de la différence entre les 2 scientifiques ou non.
Y a-t-il une différence entre les réponses des scientifiques ?	Conscience des incertitudes L'élève conscientise et verbalise une différence entre les deux affirmations des scientifiques.	Explication littérale Il n'utilise pas les mêmes mots Il ne dit pas la même chose Ils ne donnent pas le même résultat Incertitude psychologique Il y en a un qui est moins sûr que l'autre Incertitude sur les données Il y en a un qui dit le nombre exact et l'autre dit entre deux nombres car on ne peut pas savoir exactement
Rebondir sur les réponses des enfants: Pourquoi penses-tu que le premier / le deuxième scientifique dit cela ? ou Encore plus guidé: Qu'est-ce qui pourrait faire dire au deuxième scientifique que son résultat est "à peu près" 104 moineaux ?	Objectif: Savoir si l'enfant est capable d'avancer des suggestions pour expliquer la différence de restitution d'un même résultat	
	Incertitude sur l'expérimentateur L'expérimentateur a fait une erreur lorsqu'il a compté les moineaux.	Peut-être qu'un scientifique était moins concentré que l'autre et qu'il en a manqué Peut-être qu'il n'a pas utilisé ses jumelles.
	Incertitude sur la tendance des données Le nombre d'observations est insuffisant.	Les scientifiques ne sont pas restés assez longtemps dans le parc pour tous les voir
	Incertitude sur la tendance des données due à la procédure expérimentale	Parce que on peut compter un moineau 2 fois Certains ont pu se cacher

	On peut compter 2 fois le même moineaux, certains peuvent se cacher ou partir, d'autres peuvent arriver.	Les gens ont pu en effrayer certains
	Autres justifications	Parce que le deuxième scientifique est moins sûr de lui.
Si tu étais la troisième scientifique qui croise les deux autres, quelle information retiendrais-tu finalement? Pourquoi ?	Choix du scientifique L'élève choisit l'information sans ou avec incertitude	
	L'élève préfère l'information communiquée sans incertitude (scientifique 1, le bleu)	Je préfère le premier car il donne un résultat plus précis.
	L'élève préfère l'information communiquée avec incertitude (scientifique 2, le jaune)	Je préfère le deuxième car on ne peut pas être sûr que c'est exactement 104
Est-ce que tu penses qu'en général en science on donne plutôt des réponses comme le premier scientifique ou le deuxième ?	Conceptions sur le fonctionnement de la science et du rôle des incertitudes en général L'élève verbalise sa tolérance ou non des incertitudes dans une information scientifique.	Comme le premier: car en sciences, on est sûr de son résultat, car il y a un seul résultat vrai/correct. Comme le deuxième: car il prend en compte "l'incertitude" de son résultat
Est-ce qu'un scientifique a le droit de dire "à peu près"/ de ne pas être sûr quand il donne un résultat ? Pourquoi ?	L'enfant conçoit que l'incertitude en sciences est légitime ou non.	Non il n'a pas le droit, il doit être sûr Oui, il a le droit
SITUATION 2: confrontation aux incertitudes dans le contexte de résultat d'une expérience		
Quelle expérience pourrais-tu faire à ton avis ?	Permet de savoir si l'enfant a compris la situation et s'il est capable d'élaborer un protocole	
A ton avis et en t'aidant du tableau, quelle est la température à partir de laquelle l'eau gèle ?	Conscience des incertitudes Permet de soulever le problème des incertitudes, voir comment l'enfant le formule. Permet de voir si l'enfant connaît déjà le résultat scientifique ou non	On ne peut pas savoir à partir de ces résultats Il faut faire une "moyenne" des résultats obtenus On prend la température la plus basse

Est-ce qu'on peut être sûr de ce résultat ? Pourquoi ont-ils obtenu des résultats différents ?	Type d'incertitude mobilisée L'élève peut trouver une explication relevant d'une source d'incertitude pour expliquer les différences de résultats.	Non car ils n'ont pas tous obtenu le même résultat
	Incertitude liée aux données due à l'expérimentateur	Ils ont pu mal manipuler / ne pas tous regarder la température au même moment / louper le moment où l'eau gèle/mal lire la mesure
	Incertitude liée aux données due à l'instrument de mesure	Le thermomètre n'a pas bien fonctionné / il est mal calibré, réglé
	Incertitude sur la tendance des données due au protocole	Il y a des failles dans le protocole utilisé. *Le mini frigo était trop froid/pas assez froid.
	Autres justifications pour expliquer les différences de résultats	Confusion avec d'autres grandeurs Durée de l'expérience
Y a-t-il un moyen d'être plus sûrs du résultat ?	Avancer des solutions pour réduire l'incertitude	Il faut faire plus d'expériences Il faut changer de thermomètre Il faut être plus précis Il faut appeler un scientifique
Comment pourrait-on faire pour connaître la valeur exacte du résultat ?	L'élève suggère une manière de connaître le résultat consensuel / théorique Importance de la théorie / de la source /des connaissances déjà en place	Il faut regarder dans les livres Il faut appeler un scientifique et on prend le résultat de son expérience
Est-ce que tu penses que ça serait vrai pour d'autres liquides, par exemple le sirop ?	Incertitude quant à la généralisabilité des résultats	Oui car c'est aussi un liquide Non car c'est un autre liquide

Analyse

Je ne prétends pas, grâce à cette étude, atteindre une généralisation (quand bien même elle serait possible, cette question reste un débat au sein des sciences sociales, cf chapitre 1.3 de *L'entretien de recherche qualitatif*). Cette étude est avant tout exploratoire et permet d'avoir une première idée de ce que des enfants scolarisés en école primaire et venant d'un milieu socio-économique pour la plupart favorisé sont capables de verbaliser au sujet des incertitudes.

Après avoir retranscrit les entretiens, j'ai repris les catégories développées par Schroeder et les ai adaptées à mon étude pour catégoriser les réponses des enfants. Les résultats font l'objet du chapitre suivant.

Résultats et discussion

La transcription des entretiens réalisés avec les 8 élèves de classe élémentaire se trouve en Annexe B. Le nom des enfants a été anonymisé pour la transcription et l'analyse. Les élèves notés de A à D ont 7 ans et sont en CE1, les élèves de E à H ont 10 ans et sont en CM2.

Les résultats complets sont présentés sous forme de tableau reprenant en partie les catégories de Metz elles-mêmes reprises dans l'article de Schroeder (Schroeder et al., 2019), mais adaptées pour mon étude. Pour chaque catégorie, les réponses des enfants ont été citées, le tableau présenté en Annexe C est donc exhaustif de l'ensemble des réponses des enfants.

Les catégories retenues pour l'analyse des résultats sont les suivantes (reprises de la catégorisation des questions effectuée à priori ci-dessus):

Situation 1: L'expérience du recensement des moineaux dans un parc

- Conscience ou non des incertitudes
- Choix de l'information sans ou avec incertitude
- Types d'incertitudes mobilisées pour expliquer l'information présentant une incertitude:
 - Incertitude liée aux données (source: erreur instrumentale ou erreur de l'expérimentateur)
 - Incertitude liée à une tendance identifiée dans les données (source: procédure expérimentale ou nombre de données insuffisant)
- Conceptions sur le fonctionnement de la science et du rôle des incertitudes en général

Situation 2: L'expérience de la température de solidification de l'eau

- Conscience des incertitudes en présentant les résultats
- Types d'incertitudes mobilisées pour expliquer la diversité des résultats:
 - Incertitude liée aux données (source: erreur instrumentale ou erreur de l'expérimentateur)
 - Incertitude liée à une tendance identifiée dans les données (source: procédure expérimentale ou nombre de données insuffisant)
 - Incertitude sur la généralisabilité du résultat (à d'autres types de liquides par exemple)
- Des suggestions pour réduire l'incertitude sur cette mesure
- Des suggestions pour connaître le résultat théorique

Conscience des incertitudes

Les premières questions posées dans les deux situations avaient pour but d'induire une réponse chez les enfants impliquant une verbalisation de la présence d'incertitudes dans les résultats donnés. Concernant la conscience des incertitudes, tous les élèves ont pu verbaliser une différence entre les deux affirmations présentes dans la première situation. La seule différence entre les deux affirmations était la présence d'incertitude, que tous les élèves ont donc remarquée. Néanmoins cette différence a été plus ou moins paraphrasée par les élèves. Certains s'en sont tenus à une différence sur les chiffres ou sur le vocabulaire utilisé dans les deux textes, tandis que d'autres ont réussi à aller au-delà de la différence textuelle pour trouver la différence de certitude de l'information. Ainsi, certains ont dit: *"il met plus de chiffres"*, *"c'est à peu près"*, *"l'autre il dit que y en a entre 100 et 110"*. D'autres ont utilisé une incertitude plus psychologique : *"il est pas sûr"*, *"le bleu il est, disons il est persuadé"*. Un seul élève de CM2 a utilisé un vocabulaire réellement approprié et peut-être lié à une conceptualisation plus profonde : *"celui-là il dit à un nombre très précis et celui-là il dit un nombre approximatif"* même si cette réponse reste très descriptive. En effet, cette réponse ne suffit pas à dire que l'enfant a compris que le scientifique. Cependant, l'élève arrive dans la suite de l'entretien à trouver plusieurs sources d'incertitude ce qui peut suggérer un certain degré de conceptualisation.

Si la première situation est propice à la verbalisation spontanée de l'existence d'une incertitude, cela semble moins évident pour les enfants (d'après les verbatims) dans la deuxième situation dans laquelle étaient présentés les résultats de température sur une expérience de solidification de l'eau. En effet, seuls deux élèves ont tenté une description liée aux incertitudes pour expliquer la diversité des résultats obtenus pour la température de solidification de l'eau. Par exemple, un échange avec un des élèves a été le suivant:

Joanna : d'accord, et est-ce que tu penses que du coup on peut dire que l'eau elle gèle à -9 degrés ?

B : oui, des fois

Joanna : ah, ça dépend de quoi alors ?

B : quand il fait un peu plus chaud ou plus froid ben l'eau gèle à -9

Joanna : quand il fait plus froid où ?

B : ben par exemple euuh, en hiver des fois il fait -9 degrés

Joanna : ah donc quand il fait plus froid l'eau gèle. Moi ce que je te demande c'est précisément est-ce que tu penses qu'elle gèle que à moins -9°C ?

B : non des fois à -10

Joanna : ok

B : des fois à 0

L'expression de ce "des fois" peut être interprétée comme une façon pour cet élève de verbaliser une variabilité dans les résultats, le fait que cela arrive "parfois". Cependant, il est difficile de savoir si l'élève se sert ici de ce mot pour désigner une incertitude sur les données ou le protocole ou pour montrer que plusieurs réponses sont valides pour lui.

Les autres élèves se sont référés à un résultat connu ou une connaissance plus ou moins exacte pour valider ou invalider les différents résultats. Dans cette situation, les élèves ne mentionnent pas spontanément d'incertitude. Cette absence de réponse peut être due à la manière dont la question était posée. J'aurais peut-être dû intégrer une question du type: "Que constates-tu avec ces résultats ?". De plus, pour que mes élèves comprennent correctement cette deuxième situation, nous avons fait l'expérience ensemble et la séquence de sciences que j'avais menée avec ma classe s'achevait sur la donnée théorique de solidification de l'eau à pression atmosphérique standard (0°C). La plupart des élèves, ayant suivi l'expérience avec moi ou non, a donc directement fait appel à cette valeur théorique pour interpréter les résultats.

Il est difficile pour des élèves de cet âge, même s'ils ont des intuitions de justifications sur les différents résultats, de trouver des mots pour verbaliser une incertitude, d'où le fait que beaucoup d'élèves ont eu tendance à paraphraser ce que je leur disais dans un premier temps.

Types d'incertitudes mobilisés

Dans les deux situations présentées aux élèves, il leur était demandé de proposer des explications permettant de justifier les différents résultats obtenus. J'ai classé les propositions des élèves en fonction de la source liée à l'incertitude selon la catégorisation présentée ci-dessus et présentée en Annexe C.

Situation 1

Pour la situation 1, beaucoup d'élèves (6 sur 8) ont avancé une première explication qui relevait d'une erreur de l'expérimentateur pour expliquer le résultat communiqué aux élèves sous forme d'intervalle:

C: *“Peut-être que le jaune il en a compté, qu'il en a oublié un de moins [...] peut-être qu'il a compté un autre oiseau.”*

D: *“ parce que en vrai peut-être qu'il n'est pas sûr et qu'il a un peut-être mal compté”*

E: *“parce que le bleu il a peut être mieux vu que le jaune”*

“Il y a des moineaux qui sont arrivés. Le bleu il les a vus et le jaune il les a pas vus .”

Il semblerait que les enfants expliquent le fait que le scientifique jaune propose un intervalle non pas parce qu'il existe une incertitude dans le résultat mais parce qu'il a dû faire une erreur ou se tromper. Or il s'agissait ici de comprendre que l'incertitude peut provenir du fait que le scientifique est conscient de ne pas forcément avoir compté tous les oiseaux du parc dû au caractère aléatoire de l'observation des oiseaux.

La deuxième incertitude relatée par 6 enfants sur 8 est liée à la procédure expérimentale:

A: *“parce que souvent si c'est un grand parc il peut y en avoir plus qu'ils en ont vu il y en a qui peuvent se cacher”.*

L'observation avec des jumelles par les 2 scientifiques ne permet pas d'être exhaustif. Seul un élève est arrivé à formuler qu'il n'y avait pas assez d'observations pour conclure:

B: *ben en fait des fois dans le parc il y a des moineaux mais qui n'étaient pas là avant. Ils étaient dans d'autres parcs et ils sont venus dans ce parc. Donc peut-être que quand les scientifiques sont partis, bien il y en a eu encore plus*

Joanna : *donc est-ce que finalement on peut être sûr qu'il y en a 104 ?*

B: *non*

Joanna : *qu'est-ce qu'il faudrait faire à ton avis ?*

B : *il faudrait venir tous les jours*

Joanna : *et les recompter à chaque fois ?*

B : *oui*

Les enfants trouvent donc assez intuitivement des sources d'incertitudes qui peuvent expliquer que les scientifiques trouvent “à peu près” 104.

Certaines justifications ne sont par contre pas liées à une incertitude mais directement à la connaissance des deux scientifiques:

A: *“peut-être parce qu'ils [les deux scientifiques] ne pensent pas la même chose”*

Situation 2

Pour la seconde situation, 5 élèves sur 8 ont formulé une incertitude liée aux données, dont la source était soit l'expérimentateur, soit l'instrument de mesure:

Incertain due à une erreur de l'expérimentateur:

D: ça peut être aussi comme moi, on a on a mal regardé au on a regardé au mauvais moment.

D : peut-être qu'ils ont mal vu parce que les graduations là sur le thermomètre, elles sont toutes petites

Incertitude due à une erreur de l'instrument de mesure:

G : parce que peut-être le thermo ça, ça là il était pas bien réglé

D'autres ont formulé des hypothèses d'incertitude sur le protocole. Ces incertitudes sur le protocole se mêlaient souvent à une confusion des grandeurs en jeu: plusieurs élèves confondaient la température de l'eau, celle de l'air et celle du mini-congélateur. D'autres confondaient la température du milieu avec le temps que l'eau mettait à geler:

B : ben le petit euh le thermomètre avec le tube donc peut-être que pour eux ça a gelé comme ça parce qu'ils l'ont mis avant nous.

Les élèves semblent limités par leurs connaissances pour justifier que le protocole puisse impliquer des résultats différents. Ils n'ont probablement pas connaissance de la procédure de la calibration d'un instrument et que cette calibration peut ne pas être parfaite ou stable. Ils n'ont probablement pas conscience non plus qu'il y a un gradient de température dans l'échantillon de l'eau qui se solidifie et que le réservoir du thermomètre prend la température à des endroits différents dans l'échantillon.

Le protocole était souvent remis en doute lorsque je leur posais la question sur l'amélioration de la précision des résultats:

F : et bien regarder pile au moment où l'eau gèle.

Concernant l'incertitude sur le caractère généralisable des résultats, seul un élève a dit qu'il fallait refaire l'expérience pour connaître la température de solidification du sirop. 6 élèves sur 8 ont quant à eux avancé des raisonnements basés sur la composition chimique du sirop ou sur des caractéristiques physiques:

H : parce que c'est plus l'eau c'est beaucoup plus liquide et le sirop c'est plus euh C'est plus épais.

Evaluation d'une information scientifique

Pour le choix de l'information dans la première situation, tous ont préféré l'affirmation du scientifique qui donnait le résultat avec incertitude, sauf un enfant qui a préféré le bleu en se justifiant ainsi: "parce que je pense que c'est vrai". Cet enfant semble en être au stade

“absolutiste” et donc objectif du rapport à la connaissance décrit par Kuhn dans son article sur le développement de la compréhension épistémologique: la connaissance peut être connue avec certitude, il n’y a pas de place pour une dimension critique (Kuhn et al., 2000). La préférence pour l’un ou l’autre scientifique s’accompagnait rarement d’une justification spontanée de la part de l’enfant. Je devais généralement les inciter à se mettre à la place des scientifiques pour les amener à trouver des raisons qui pourraient justifier l’incertitude de l’information sur le recensement.

Concernant la valence émotionnelle attribuée aux incertitudes, aucun élève ne m’a fait part du fait qu’il “aimait” ou “n’aimait pas” l’information incertaine, et ils n’ont pas hésité à la choisir lorsque je leur demandais leur préférence entre les affirmations des deux scientifiques.

Pour la deuxième situation, je leur ai demandé - à partir d’un tableau de résultats obtenus par des différents groupes sur la température de solidification de l’eau- quelle était la température à partir de laquelle l’eau gèle. Ce qui semble primer dans les réponses à cette question, c’est la connaissance de la valeur théorique (correcte ou non d’ailleurs) par rapport à l’expérience.

Joanna: Mais comment tu leur expliques que cette valeur-là elle est “pas très juste” et que c’est 0 degré qui est “juste” ?

C : Je leur dit “vous vous êtes trompés”.

Joanna : mais ils vont te demander pourquoi alors ?

C : parce que c’est trop froid

D : En vrai je me suis trompé [lorsqu’il a fait l’expérience] alors c’était euh 0 degré

Certains élèves m’ont aussi suggéré de prendre la valeur la plus froide.

C : moi je dirais -5°C parce que quand même 3 c’est sûr c’est quand même un peu trop

Sans étayage de ma part et questions supplémentaires, les enfants ont beaucoup de mal à mobiliser des sources d’incertitudes pour expliquer les différences de résultats même si, lorsque j’ai fait le retour en classe entière dans ma classe de CE1, une élève a suggéré de prendre le “milieu” de toutes les valeurs, montrant qu’elle a eu l’intuition de prendre la moyenne des valeurs pour se rapprocher de la valeur théorique. Ce résultat montre aussi la complexité de l’apprentissage de l’argumentation et de la justification d’une réponse.

Conceptions sur la science formelle

A la fin de la première situation, j’ai proposé aux élèves d’élargir la question des incertitudes à la science en général. Je passe ainsi de leurs représentations sur une expérience racontée à leurs représentations de la science en général, ce qui est aussi appelé la science formelle

(“formal science”), en leur demandant s’il était possible pour un scientifique de donner une réponse “à peu près”, c’est-à-dire avec des incertitudes. Dans l’article de Schroeder, les auteurs se sont posé la question du possible transfert entre les représentations des incertitudes sur une expérience vécue par les élèves (“personal science”) et celles sur la science en général (“formal science”). Le transfert des représentations entre ces deux types de rapport à la science n’a pas encore été étudié.

La plupart des enfants interrogés (7 enfants sur 8) estiment qu’un scientifique a le droit de donner des réponses incertaines, et beaucoup le justifient par le fait qu’un scientifique a le droit à l’erreur, il a le droit de se tromper. Seul un élève semble croire que les scientifiques doivent “être sûrs” de leur réponse.

E: “pas trop un scientifique, il a pas trop le droit de dire qu'il y a “entre”, il doit être sûr”

Cet élève, qui arrive pourtant à expliquer les incertitudes dans les cas de la situation, a un tout autre discours lorsqu’il s’agit de parler de la science en général: le transfert entre science personnelle et science formelle n’est pas effectif.

Le vocabulaire choisi est intéressant car les enfants parlent d’une incertitude psychologique: le fait de ne pas être sûr. Mais ce n’est pas clair si par “sûr” ils entendent sûr de sa réponse, ou sûr de lui-même, ou bien encore s’il parle d’un sentiment de compétence. Il semble donc y avoir confusion ici entre la confiance en nous-même dans un certain contexte, et la confiance en une information.

Néanmoins il est intéressant de remarquer que cela implique que les enfants font le lien entre incertitude d’une réponse et possibilité de se tromper. Or l’incertitude ne sert-elle pas à donner la précision du résultat ou plutôt de quantifier à quel point ce résultat peut être “faux”?

De plus, les enfants semblent avoir conscience que la science est un cheminement complexe qui implique du doute:

C: “parce que la science, c’est quand même très difficile donc on peut pas toujours être très sûr.”

Cet élève semble avoir un rapport à la connaissance scientifique déjà assez fin puisqu’il la considère comme un objet en évolution constante:

C: parce que c’est difficile et que ça prend du temps parfois à comprendre que c’est ça

De manière plus générale, certains comprennent qu'il y a des idées en sciences dont on n'est pas forcément encore certain:

G: ça dépend parce qu'il y a des choses en sciences qui sont complètement vraies et on le sait. Mais y en a que on n'est pas sûr donc moi je dirais plutôt le jaune.

En particulier, cet élève semble avoir une conception sur les incertitudes de haut niveau:

F : "parce que y a beaucoup de choses que l'on connaît pas donc quand on est pas sûrs... tout ce qu'on sait c'est c'est peut-être pas forcément juste, donc il faut approximer"

Il y a des incertitudes en sciences, donc on devrait mentionner ces incertitudes dans les résultats.

Lorsque je leur demande comment ils pourraient faire pour améliorer la précision de leur résultat ou connaître la valeur exacte (qui a été posée conventionnellement dans le monde scientifique), certains élèves me proposent de faire à nouveau l'expérience en faisant attention à la précision de la mise en œuvre du protocole. Si je leur demande comment on pourrait trouver la valeur théorique, 3 élèves me proposent de demander à des scientifiques. Les élèves ont conscience que leur expérience s'est faite dans des conditions moins rigoureuses que celles "plus scientifiques" qui pourraient permettre de se rapprocher de la valeur théorique. Ils semblent donc mettre plus de poids aux informations données par des scientifiques.

Certains enfants semblent avoir une conception assez fine de la nature de la science et de la façon dont on construit une connaissance.

Aspect développemental

On pourrait s'attendre à ce que les élèves de CM2, plus âgés, arrivent à verbaliser de façon plus riche l'existence d'incertitudes ou de trouver plus de sources d'incertitudes possibles dans les différentes situations proposées. Certains élèves de CM2 ont proposé du lexique proche de celui attendu en utilisant notamment le mot "approximatif", mais les CE1 ont aussi décelé l'incertitude en tentant de l'expliquer avec leurs mots.

Les enfants de CE1 et de CM2 ont proposé presque le même nombre de sources d'incertitude (situation 1: 8 propositions pour les CE1, 5 pour les CM2; situation 2: 5 propositions pour les CE1, 4 pour les CM2). Contrairement à l'article de Schroeder, il semblerait donc, pour l'échantillon d'élèves interrogés, que la densité de connaissances intuitives sur les

incertitudes verbalisées ne soit pas corrélée au niveau langagier de l'élève, ni à son âge. Il est possible que les CE1 aient donné plus de propositions car je suis l'enseignante de leur classe et que le contrat didactique n'est pas le même qu'avec les CM2 (contrat qui peut impliquer qu'il existe une réponse lorsque je leur pose une question la plupart du temps, et que j'attends d'eux cette réponse). De plus, le fait que les CE1 aient vécu la deuxième expérience les a peut-être aidés à trouver des explications à l'incertitude sur les valeurs obtenues par les différents groupes, quand bien même je m'assurais de contrôler la compréhension de la situation pour chaque élève.

Il semblerait que dès un âge jeune, 7 ans, les enfants soient capables d'avoir conscience de l'incertitude d'une information, de la verbaliser avec leurs mots et de mettre en lumière des possibles sources qui pourraient expliquer ces incertitudes. Le vocabulaire employé semble être limitant pour leurs justifications mais la plupart des enfants interrogés choisissent les informations avec incertitude sans être trop perturbés. Ce qui pourrait aussi être limitant outre le vocabulaire, ce sont des connaissances sur la fabrication des instruments, leur calibrage, mais aussi des connaissances scientifiques sur les processus en jeu dans les deux situations. Ils semblent donc capables de la prendre en compte lorsqu'ils évaluent une information. Seuls les élèves qui ont une conception de la construction de la connaissance

Discussion, limites de cette étude et prolongements possibles

A propos de la méthodologie

La première limite de cette étude est l'effectif des enfants interrogés (n=8) qui est faible pour pouvoir tirer des conclusions rigoureuses. Cela était volontaire car je voulais justement savoir ce que les enfants pouvaient concevoir et verbaliser à propos des incertitudes. J'ai donc essayé de proposer des situations suffisamment larges et différentes pour brasser plusieurs types d'incertitudes différents, dans des contextes scientifiques différents afin que les enfants aient matière à s'exprimer. Dans une prochaine étude, il faudrait ensuite se concentrer sur un seul type d'incertitude à développer et demander l'avis de plus d'enfants.

Il aurait été aussi intéressant de changer les situations et d'en changer certains paramètres. Par exemple pour la première situation sur le recensement des moineaux, j'aurais pu changer le degré d'incertitude du scientifique en changeant les nombres mis en jeu (par exemple: "j'en

ai vu entre 50 et 150”), et voir si cela change la préférence des enfants pour une information ou pour l’autre. On pourrait faire l’hypothèse que si l’incertitude devient trop grande, les enfants vont peut-être alors préférer le scientifique qui donne une seule réponse, 104. Pour la deuxième situation, j’aurais pu intégrer des valeurs extrêmes comme par exemple une température de solidification de l’eau à -25°C ou 15°C , et observer les réactions des enfants. Peut-être me diraient-ils alors que cette température est erronée car elle est trop éloignée des autres. Ce serait alors une discussion intéressante sur l’incertitude.

A propos des entretiens

Les élèves ont eu tendance pour la première situation à paraphraser les bulles de texte, peut-être par manque de vocabulaire ou pour avoir une preuve au plus près de la situation. Malgré le caractère concret des situations, les élèves ont eu besoin de beaucoup d’étayage pour parler des incertitudes, et il a été difficile pour moi de ne pas les influencer par l’emploi de certains termes. En particulier, l’emploi du mot “sûr” qui se rapporte toujours à une personne ou à une information est ambigu. Il peut entraîner chez les enfants un mélange entre incertitude de la mesure et incertitude psychologique, qui mériterait alors d’être éclairci.

De plus, il se trouve que 4 des élèves interrogés étaient des élèves de la classe dans laquelle j’enseigne cette année, ce qui a pu biaiser leurs réponses. Il a peut-être été difficile pour eux de comprendre que le contrat était différent lors de ces entretiens (même si je l’avais explicité au début), et de comprendre que je n’avais pas une attente de réponse ni d’apprentissage lors de ces entretiens.

A propos de la catégorisation

Même si je me suis aidée de la catégorisation et des réponses attendues à priori, il était parfois difficile de classer les réponses des élèves sans faire d’erreurs d’interprétation ou de surinterprétation.

J’ai fait le choix de ne travailler que certains types d’incertitude qui me semblaient accessibles pour des élèves de mon école, en reprenant les catégories de Metz et Schroeder, mais il serait aussi intéressant de s’intéresser à d’autres sources d’incertitudes comme le nombre d’observations, la qualité des observations, la source d’une information, la théorie qui explique le mieux les résultats, les modèles, etc.

Prolongements possibles

Il serait possible d'utiliser cette catégorisation en mettant en place un test écrit avec questions ouvertes, basé sur les situations présentées en entretien, pour avoir des données quantitatives sur un nombre d'enfants plus important. Cela me permettrait premièrement de valider ou non ma catégorisation, de la modifier si besoin, et surtout de pouvoir faire des analyses statistiques, et d'avoir une vision plus globale du rapport aux incertitudes des enfants.

Vers une possible éducation à l'incertitude dès l'école primaire ?

Si les enfants arrivent à prendre en compte dans leurs choix des informations avec incertitude, et qu'ils parviennent à trouver des sources d'incertitude, il serait alors possible de formaliser l'éducation au rôle des incertitudes en sciences dès l'école élémentaire. Cela pourrait permettre aux élèves de réfléchir sur la façon dont se construit une connaissance scientifique et de cheminer vers une meilleure compréhension du fonctionnement de la science en général. L'utilisation d'une démarche d'investigation, ou démarche scientifique telle qu'elle est déjà pratiquée dans les classes, pourrait être associée à des expériences permettant de révéler une incertitude sur les résultats obtenus. Ainsi, les élèves approfondiraient leur compréhension de la fabrication d'une connaissance scientifique et du traitement d'un résultat scientifique. Ce questionnement, développerait aussi des compétences liées à l'esprit critique. Néanmoins, il faudrait ensuite trouver des moyens de transférer les compétences acquises dans des situations vécues par les enfants à des conceptions générales sur le fonctionnement de la science, ce qui nécessite un travail supplémentaire qui ne va pas de soi.

Le fait d'expliquer dès le plus jeune âge le fonctionnement de la science et le rôle des incertitudes pourrait peut-être permettre de créer une confiance accrue dans les résultats scientifiques et une meilleure gestion de l'information.

Conclusion

Dans le cadre de ce mémoire, je me suis posé la question du rapport que pouvaient développer des enfants d'école élémentaire aux incertitudes en contexte scientifique. Cette étude est à caractère exploratoire car peu de recherches ont été menées avec les enfants sur ce sujet, qui est pourtant important pour comprendre le mode de pensée des élèves et pouvoir le prendre en compte dans l'enseignement des sciences dès l'école primaire. J'ai donc mené des entretiens semi-directifs avec 8 enfants de l'école élémentaire dans laquelle j'enseigne en tant que professeur des écoles stagiaire. Les principales conclusions à tirer des entretiens sont les suivantes:

- Les élèves semblent avoir une conscience plus ou moins fine de la présence d'incertitudes dans une information. Il est souvent difficile pour eux de la verbaliser, peut-être à cause d'un manque de vocabulaire ou de connaissance sur les instruments, les protocoles, les phénomènes physiques en jeu.
- Certains élèves parlent d'incertitude psychologique et il est parfois complexe de déceler de qui relève réellement d'une conscience de la présence d'incertitude.
- Tous les élèves ont réussi à verbaliser au moins un type d'incertitude. Ils ont majoritairement verbalisé des incertitudes liées aux données (que ce soit des incertitudes dues à l'expérimentateur ou aux instruments).
- L'échantillon d'élèves ne permet pas de repérer de possibles différences développementales dans le rapport aux incertitudes.

D'un point de vue professionnel, ce mémoire m'a beaucoup enrichie en termes de connaissances sur la psychologie de l'enfant mais aussi en termes de pratiques de recherche. En effet, dans le cadre de ce mémoire, je me suis intéressée à la façon dont les individus, et en particulier les enfants construisaient des croyances sur leurs connaissances, notamment scientifiques. Il m'a aussi permis de me conforter dans l'idée que l'enseignement des sciences à l'école est un enjeu important dans la construction de la pensée d'un enfant, et qu'il mérite un vrai travail de préparation afin de proposer aux élèves une démarche scientifique se rapprochant au maximum du fonctionnement réel de la science. J'ai aussi amorcé une réflexion sur la façon dont on pourrait intégrer un enseignement sur la place des croyances, des connaissances et de l'incertitude dans un contexte scolaire. Ce sont des enjeux importants pour la formation de citoyens éclairés qui ont besoin de clés pour évaluer une information.

Ce mémoire m'a aussi permis de m'initier à une nouvelle manière de faire de la recherche. Étant issue d'une formation de recherche plus quantitative, j'ai appris la méthodologie de recherche par entretiens. Cette méthode d'entretiens semi-directifs a complété les techniques de recherche que je maîtrise, et j'en ai retenu les avantages suivants:

- Elle permet d'avoir accès à une autre strate du réel (comparé à des techniques de questionnaires par exemple), qui est plus coûteuse en temps mais qui permet de donner le temps à chaque enfant de s'exprimer.
- Elle m'a aussi permis d'avoir de longues discussions avec chaque enfant et de pouvoir rebondir sur ce qu'ils disaient pour aller chercher une compréhension plus fine et plus profonde de leur raisonnement.
- Cette phase individualisée permet de pouvoir mieux comprendre et anticiper la façon dont les enfants se comporteraient face à un questionnaire qu'on pourrait leur donner. C'est un complément très intéressant à une étude quantitative en tant qu'elle donne accès aux données manquantes d'un test. Cette technique permet d'éliminer des possibles effets et pertes de données dû au passage à l'écrit pour un certain nombre d'élèves qui ne le maîtrisent pas encore parfaitement.

Bibliographie

- Betsch, T., Lindow, S., Lehmann, A., & Stenmans, R. (2021). From perception to inference: Utilization of probabilities as decision weights in children. *Memory & Cognition*, *49*(4), 826–842. <https://doi.org/10.3758/s13421-020-01127-0>
- Boutin, G. (2019). *L'entretien de recherche qualitatif: Théorie et pratique Ed. 2*. Presses de l'Université du Québec.
<https://univ-scholarvox-com.ezpum.scdi-montpellier.fr/book/88911981#>
- Bronner, G. (2022). *Les Lumières à l'ère numérique* (Rapport de la commission Bronner).
<https://www.elysee.fr/emmanuel-macron/2022/01/11/remise-du-rapport-de-la-commission-bronner>
- Carleton, R. N. (2016). Into the unknown: A review and synthesis of contemporary models involving uncertainty. *Journal of Anxiety Disorders*, *39*, 30–43.
<https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2016.02.007>
- Chen, Y.-C. (2022). Is Uncertainty a Barrier or Resource to Advance Science? The Role of Uncertainty in Science and Its Implications for Science Teaching and Learning. *Science & Education*, *31*(2), 543–549. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00244-9>
- Chen, Y.-C., Benus, M. J., & Hernandez, J. (2019). Managing uncertainty in scientific argumentation. *Science Education*, *103*(5), 1235–1276.
<https://doi.org/10.1002/sce.21527>
- Conley, A. M., Pintrich, P. R., Vekiri, I., & Harrison, D. (2004). Changes in epistemological beliefs in elementary science students. *Contemporary Educational Psychology*, *29*(2), 186–204. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2004.01.004>
- Defoe, I. N., Dubas, J. S., Figner, B., & van Aken, M. A. G. (2015). A meta-analysis on age differences in risky decision making: Adolescents versus children and adults. *Psychological Bulletin*, *141*, 48–84. <https://doi.org/10.1037/a0038088>
- Fensham, P. J. (2012). Preparing Citizens for a Complex World: The Grand Challenge of Teaching Socio-scientific Issues in Science Education. In A. Zeyer & R.

- Kyburz-Graber (Eds.), *Science | Environment | Health: Towards a Renewed Pedagogy for Science Education* (pp. 7–29). Springer Netherlands.
https://doi.org/10.1007/978-90-481-3949-1_2
- Hacquin, A.-S., Altay, S., Araujo, E. de, Chevallier, C., & Mercier, H. (2020). *Sharp rise in vaccine hesitancy in a large and representative sample of the French population: Reasons for vaccine hesitancy*. PsyArXiv. <https://doi.org/10.31234/osf.io/r8h6z>
- Hofer, B. K. (2004). Epistemological Understanding as a Metacognitive Process: Thinking Aloud During Online Searching. *Educational Psychologist*, 39(1), 43–55.
https://doi.org/10.1207/s15326985ep3901_5
- Hofer, B. K., & Pintrich, P. R. (1997). The Development of Epistemological Theories: Beliefs About Knowledge and Knowing and Their Relation to Learning. *Review of Educational Research*, 67(1), 88–140. <https://doi.org/10.3102/00346543067001088>
- Kampourakis, K. (2018). Science and Uncertainty. *Science & Education*, 27(9), 829–830.
<https://doi.org/10.1007/s11191-018-0019-3>
- Kampourakis, K., & McCain, K. (2019). *Uncertainty: How It Makes Science Advance*. Oxford University Press.
- Kinzler, K. D., Corriveau, K. H., & Harris, P. L. (2011). Children’s selective trust in native-accented speakers. *Developmental Science*, 14(1), 106–111.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2010.00965.x>
- Kuhn, D., Cheney, R., & Weinstock, M. (2000). The development of epistemological understanding. *Cognitive Development*, 15(3), 309–328.
[https://doi.org/10.1016/S0885-2014\(00\)00030-7](https://doi.org/10.1016/S0885-2014(00)00030-7)
- Lang, A., & Betsch, T. (2018). Children’s Neglect of Probabilities in Decision Making with and without Feedback. *Frontiers in Psychology*, 9.
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2018.00191>
- Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. In *Handbook of Research on Science Education*. Routledge.
- Metz, K. E. (2004). Children’s Understanding of Scientific Inquiry: Their Conceptualization of

- Uncertainty in Investigations of Their Own Design. *Cognition and Instruction*, 22(2), 219–290. https://doi.org/10.1207/s1532690xci2202_3
- Meyniel, F., Sigman, M., & Mainen, Z. F. (2015). Confidence as Bayesian Probability: From Neural Origins to Behavior. *Neuron*, 88(1), 78–92.
<https://doi.org/10.1016/j.neuron.2015.09.039>
- Morin, O., Simonneaux, L., Simonneaux, J., Tytler, R., & Barraza, L. (2014). Developing and Using an S3R Model to Analyze Reasoning in Web-Based Cross-National Exchanges on Sustainability. *Science Education*, 98(3), 517–542.
<https://doi.org/10.1002/sce.21113>
- Osmanağaoğlu, N., Creswell, C., & Dodd, H. F. (2018). Intolerance of Uncertainty, anxiety, and worry in children and adolescents: A meta-analysis. *Journal of Affective Disorders*, 225, 80–90. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2017.07.035>
- Pasquinelli, E., Farina, M., Bedel, A., & Casati, R. (2021). Naturalizing Critical Thinking: Consequences for Education, Blueprint for Future Research in Cognitive Science. *Mind, Brain, and Education*, 15(2), 168–176. <https://doi.org/10.1111/mbe.12286>
- Roberts, S. (2020, April 7). Embracing the Uncertainties. *The New York Times*.
<https://www.nytimes.com/2020/04/07/science/coronavirus-uncertainty-scientific-trust.html>
- Schroeder, M., McKeough, A., Graham, S. A., & Norris, S. P. (2019). Students' views of uncertainty in formal and personal science. *Research in Science & Technological Education*, 37(2), 239–257. <https://doi.org/10.1080/02635143.2018.1541878>
- She, H.-C., Lin, H., & Huang, L.-Y. (2019). Reflections on and implications of the Programme for International Student Assessment 2015 (PISA 2015) performance of students in Taiwan: The role of epistemic beliefs about science in scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(10), 1309–1340. <https://doi.org/10.1002/tea.21553>
- Van der Bles, A. M., Van der Linden, S., Freeman, A. L. J., & Spiegelhalter, D. J. (2020). The effects of communicating uncertainty on public trust in facts and numbers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(14), 7672–7683.

<https://doi.org/10.1073/pnas.1913678117>

Annexes

Annexe A: Guide d'entretien et images supports utilisées

Explication de l'entretien et son objectif:

Je fais des **recherches** sur la façon dont les enfants réfléchissent quand on leur donne des informations. Je vais te poser des **questions** ou te donner **plusieurs informations** et à chaque fois, tu devras me dire ce que tu en penses.

Il n'y a **pas de bonnes ou de mauvaises réponses**, je te demande juste ton avis.

CM2: Ce n'est pas une évaluation. Je ne donnerai pas tes réponses à ton enseignant.

CE1: Oublie que je suis ta maîtresse, ce n'est pas un travail de classe.

C'est juste pour voir comment tu réfléchis à des questions.

On va discuter ensemble environ 10 minutes puis je te laisserai retourner dans ta classe.

Est-ce que tu veux bien répondre à mes questions ? (cette question sera posée en plus de formulaire d'autorisation rempli au préalable par les parents)

Pour pouvoir me rappeler de ce que tu m'as dit, je vais prendre des notes et je vais t'enregistrer, es-tu d'accord avec cela ?

Début de l'entretien :

- On va parler de sciences ensemble, est-ce que tu aimes bien ça en général ?

S'il dit non, lui dire que ça va être un peu différent de d'habitude et qu'on va faire comme si on se racontait des histoires.

Etudes de cas sur les incertitudes (voir le support)

1) Recensement d'une population de moineaux

Je vais maintenant te présenter une première situation, une première histoire.

Deux scientifiques, spécialistes des oiseaux, réalisent des observations sur les moineaux dans un parc en ville. Ils veulent les compter pour savoir le nombre de moineaux qui vivent dans ce parc. *[présenter l'image de la situation]*

Tu vois, ils ont tous les deux le même matériel, un crayon, un papier et des jumelles.

Ils comptent les moineaux qu'ils voient ensemble de 8 heures à midi. Puis ils rentrent au laboratoire. Ils rencontrent une autre amie scientifique qui veut savoir comment s'est passée leur matinée.

Elle rencontre le premier scientifique qui lui dit:

"Nous avons compté les moineaux de 8h à 12h, et nous en avons vu 104. Il y a 104 moineaux qui vivent dans le parc!"

Plus loin dans le couloir, elle rencontre le deuxième scientifique:

“Ce matin, nous avons compté 104 moineaux à peu près entre 8h e

- Que raconte cette situation / histoire ?
- Y a-t-il une différence entre la réponse des scientifiques ?
 - Rebondir sur les mots utilisés par les enfants
- Pourquoi penses-tu que le premier / le deuxième scientifique dit cela ?
 - Encore plus guidé: Qu'est-ce qui pourrait faire dire au deuxième scientifique que son résultat est “ à peu près” 104 moineaux ?
- Si tu étais la troisième scientifique qui croise les deux autres, quelle infort 12h. Je dirais qu'il y a entre 100 et 110 moineaux dans le parc.”
-
- *Première partie*
- mation retiendrais-tu finalement?

Deuxième partie

- Est-ce que tu penses qu'en général en science on donne plutôt des réponses comme le premier scientifique ou le deuxième ?
- Est-ce qu'un scientifique a le droit de dire “à peu près”/ de ne pas être sûr quand il donne un résultat ?
- C'est quoi un scientifique pour toi ?

2) Température de solidification de l'eau

Version CE1

- Vous souvenez-vous de ce qu'on a fait dans cette expérience ?
[montrer la photo]
 - quelle question nous étions-nous posée ? quelle était notre méthode ?
- Est-ce que tu te souviens de ce que tu avais obtenu comme résultat ? Est-tu sûr de ton résultat ? / est ce qu'on peut dire alors que l'eau gèle à [température obtenue par l'élève] ?
- Y a-t-il un moyen d'être plus sûr de toi ? Si oui, lequel ?



Une autre classe a refait l'expérience et ils ont relevé la température tous au même moment à chaque fois. On obtient ces résultats:

Groupe	A	B	C	D	E
L'eau gèle à	-2°C	0°C	3°C	1°C	-5°C

- A ton avis et en t'aidant du tableau, quelle est la température à partir de laquelle l'eau gèle ? OU Quelle réponse donnerais-tu à la question: A partir de quelle température l'eau change-t-elle d'état ?
- Est-ce qu'on peut être sûr de ce résultat ?

- Y a-t-il un moyen d'être plus sûr du résultat ? Si oui, lequel ?
- Comment pourrait-on faire pour connaître la valeur exacte du résultat ?
- Est-ce que tu penses que ça serait vrai pour d'autres liquides, par exemple le sirop ?

Version CM2:

Avec ma classe de CE1, j'ai mené cette expérience. Nous avons cherché la température à partir de laquelle l'eau liquide devenait de l'eau solide.

- Quelle expérience pourrais-tu faire à ton avis ?

On a utilisé un mini-frigo comme celui que tu vois sur la photo *[montrer la photo]*. Dedans, on a plongé un tube avec de l'eau et un thermomètre pour mesurer la température de l'eau. On a attendu que l'eau gèle et on a regardé la température à partir de laquelle l'eau était entièrement gelée.

Plusieurs groupes ont mené l'expérience et ils ont obtenu les résultats suivants:

Groupe	A	B	C	D	E
L'eau gèle à	-2°C	0°C	3°C	1°C	-5°C

- A ton avis et en t'aidant du tableau, quelle est la température à partir de laquelle l'eau gèle ? OU Quelle réponse donnerais-tu à la question: A partir de quelle température l'eau change-t-elle d'état ?
- Est-ce qu'on peut être sûr de ce résultat ?
- Y a-t-il un moyen d'être plus sûrs du résultat ? Si oui, lequel ?
- Comment pourrait-on faire pour connaître la valeur exacte du résultat ?
- Est-ce que tu penses que ça serait vrai pour d'autres liquides, par exemple le sirop ?

Fin de l'entretien:

Demander à l'élève de faire des remarques /commentaires sur l'entretien, s'il veut ajouter des choses et comment il l'a ressenti.

Remercier pour sa participation

Annexe B: Transcriptions

Sommaire des entretiens

4 élèves de CE1 (2 filles, 2 garçons) : Elèves de A à D

4 élèves de CM2 (2 filles, 2 garçons) : Élèves de E à H

Les formulaires d'autorisation d'enregistrement de la voix d'un mineur dans le cadre de mon projet ont été signés par tous les parents des élèves concernés.

Les entretiens se sont déroulés le lundi 13 février 2023, dans la bibliothèque de l'école, puis dans la salle d'activités.

Les passages surlignés sont les passages relevés qui se trouvent dans la catégorisation des résultats en annexe C.

Elève A (CE1)

Joanna : Est-ce que tu aimes bien les sciences déjà en général toi ou pas ?

A : oui

Joanna : tu aimes bien ? qu'est-ce que tu aimes bien dans les sciences ?

A : essayer de trouver des réponses différentes choses, savoir à quel niveau de la ahh à quel niveau ben on peut vivre comment vraiment on est apparu pourquoi il y a eu cette grosse météorite qui a atterri, différentes choses...

Joanna : OK d'accord et ben aujourd'hui on va faire pareil on va parler d'histoires scientifiques. Je vais te donner des situations, des exemples de scientifiques et il va y avoir 2 exemples on va parler. Ça va durer à peu près 10 min ensuite je te laisserai retourner en classe. Donc le premier exemple c'est le suivant. Regarde, je te donne la situation de ces 2 scientifiques, un bleu et un jaune. Ils sont spécialistes des oiseaux c'est-à-dire qu'ils réalisent des observations sur les moineaux dans le parc de la ville et ils veulent compter les moineaux pour savoir le nombre de moineaux qui vivent dans ce parc. Et tu vois ils ont tous les deux le même matériel donc ils ont des jumelles pour compter. On peut supposer qu'ils ont aussi un crayon avec un papier pour noter. Et ils comptent tous les 2 les moineaux qu'ils voient entre 8h00 et midi et puis après ils rentrent laboratoire. Donc ils les comptent 8h à midi et ils rentrent au laboratoire et ils rencontrent une autre scientifique. Le premier scientifique donc le bleu il lui dit nous avons compté de 8h à 10h et nous en avons vu 104 il y a 104 moineaux qui vivent dans le parc. Et après plus loin dans le couloir la même scientifique, elle rencontre le 2e scientifique qui était dans le parc et lui dit il lui dit ce matin nous avons compté à peu près 104 moineaux 8h et midi je dirais qu'il y a entre 100 et 110 moineaux dans le parc. Est-ce que tu peux essayer de m'expliquer avec tes mots ce qu'elle raconte cette situation ?

A : c'est des scientifiques qui essaient de compter les moineaux et pendant un certain moment pour savoir combien y en a et ensuite ils rentrent, ils rencontrent une autre scientifique et d'abord c'est le scientifique bleu qui lui dit ce qu'il a trouvé ensuite. Plus loin dans le couloir c'est le scientifique jaune qui lui dit mais ils disent pas la même chose.

Joanna : Alors qu'est-ce qu'ils disent de différent justement ?

A : le scientifique jaune, il dit ce matin nous avons compté à peu près 104 moineaux entre 8h et midi je dirais, qu'il y a entre 100 et 110 moineaux dans le parc

Joanna : Ok, maintenant avec tes mots, quelle est la différence entre les 2 en fait (entre le bleu et le jaune)?

A : c'est que le jaune, il sait pas trop, il hésite, ils en ont compté 104 mais il pense plutôt qu'il y en a 100 ou 110

Joanna : OK et à ton avis pourquoi est-ce que, pourquoi ce que tu penses qu'ils ne disent pas la même chose les 2 ?

A : je sais pas euh, ça peut être pour plusieurs raisons

Joanna : Ah bah alors, tu pourrais m'en donner ? t'as une idée

A : ben euh, peut-être parce qu'ils ne pensent pas la même chose

Joanna : mais pourquoi est-ce ce que lui penserait à peu près et pas l'autre ?

A : parce que souvent si c'est un grand parc il peut y en avoir plus qu'ils en ont vu il y en a qui peuvent se cacher et donc bah voilà

Joanna : OK, tu as d'autres raisons qui te viennent à l'esprit pour laquelle ça pourrait être différent ?

A : peut-être que celui- là il y en a vu plus que l'autre ou ... je sais pas

Joanna : D'accord et si toi tu étais la 3e scientifique qui est de retour enfin qui les rencontre dans le laboratoire quelle informations tu retiendrais ?

A : Ben la différence plutôt les nombres

Joanna : et quels nombres tu retiendrais alors comment toi tu expliquerais aux autres les résultats de des 2 scientifiques ?

A : Oh je je sais pas euh j'écrirais ce qu'ils auront dit et et et je dirais aux autres scientifiques comme ça on pourra analyser pourquoi le scientifique jaunes il hésitait entre il en a vu 104 et mais il pensait plutôt que c'était 100 et ou 110

Joanna : mais du coup est-ce toi que tu retiendrais ça ?

A : Ben oui

Joanna : quand il y en a entre 100 et 110 ou tu préférerais croire que y en a 104 et et c'est tout ?

A : je retiendrais plutôt 110, je retiendrais plutôt les numéros 104, 110 et 100

Joanna : tu retiens tout toi ?

A : oui pour pour évaluer vraiment parce que y en a qui ont pu ne pas sortir

Joanna : d'accord. Et maintenant en général est-ce que tu penses qu'en science on donne plutôt des réponses comme le scientifique bleu le premier ou comme le jaune ? Tu as une idée ?

A : Plutôt comme le jaune parce que on peut jamais trop savoir.

Joanna : Est-ce que à ton avis un scientifique il a le droit de dire à peu près ?

A : Ben oui

Joanna : de pas être sûr ?

A : ben oui

Joanna : t'aurais un exemple ?

A : Non mais ils ont le droit de le dire car c'est compliqué de découvrir les secrets de la Terre.

Joanna : Pourquoi est-ce que c'est compliqué ?

A : Ben parce que déjà c'est compliqué de savoir comment les dinosaures ont disparu, comment la terre est apparue et tout ça ben ils ont dû réfléchir pendant longtemps et je sais pas ils se posent encore des questions là-dessus. Ils ont le droit de se tromper ou de dire peut-être.

Joanna : Ok et pour toi c'est quoi un scientifique ?

A : Ben c'est quelqu'un qui fait des recherches qui essaye de d'avoir des réponses.

Joanna : très bien alors on s'arrête là pour cette situation là et j'en ai une 2e pour toi. Tu t'en souviens je pense que tu étais là hein. Alors est-ce que tu te souviens déjà de ce qu'on a fait dans cette expérience ?

A : Euh oui on mesurait euh le niveau de l'eau fin à quelle température l'eau peut devenir peut se durcir

Joanna : peut se durcir, peut se solidifier oui. Et comment on a fait ?

A : on a fabriqué un mini congélateur et on a mis un le thermomètre dans un tube à essai et on l'a trempé et à chaque fois que tu disais « levez, mettez » ben celui qui avait le tube à essai il regardait la barre à laquelle quand elle montait là la petite barre rouge à quel numéro elle montait et la personne devait écrire sur l'affiche.

Joanna : et ça correspond à quoi le numéro à laquelle elle montait ? Qu'est-ce que tu lis là-dessus ?

A : Ben euh à la température.

Joanna : OK et tu te souviens toi combien tu avais obtenu ? quel était ton résultat ?

A : le premier résultat c'était 15 parce qu'on avait presque pas d'eau du coup ça gelait beaucoup plus facilement et ensuite quand vous avez rajouté de l'eau ben ça a commencé à tout geler à -1

Joanna : -1 ? et est-ce qu'à 15 ça avait gelé ?

A : oui ça commençait les parois elles

Joanna : ah les parois un petit peu ok. Et est-ce que tu penses que du coup on peut dire que l'eau elle gèle à moins un degré si t'avais obtenu ça est-ce que tu penses qu'on peut dire ça ?

A : Oui

Joanna : tu penses que toutes les eaux elles gèlent à moins un degré c'est ça ?

A : non pas forcément, je sais pas

Joanna : parce que tu te souviens les autres ils avaient obtenu d'autres résultats

A : Oui, y en a qui avaient obtenu -2

Joanna : oui par exemple là je t'ai donné les résultats des autres groupes. Le groupe A il a obtenu que l'eau gèle à - 2°C le groupe B à 0 degré le groupe C à 3°C alors j'ai pas dû mettre ton résultat j'ai dû mettre les résultats des autres j'en ai que 5 d'accord. Le groupe D a 1°C et le groupe E à - 5°C d'accord ? mais alors du coup comment on fait si on n'obtient pas tous la même chose ? que ce que tu donnes comme réponse à la question : à partir de quelle température l'eau change elle à quelle température elle se solidifie ?

A : bah comme tu nous avais dit la réponse scientifique c'était à 0 ou à -1 je ne me souviens plus

Joanna : C'est zéro oui. Mais comment moi j'ai su cette réponse-là ?

A : Ben je sais pas t'aurais pu faire cette expérience et attendre vraiment ou lever ou je sais pas ou demander à des scientifiques

Joanna : Ah ok et comment tu expliques alors que tout le monde n'a pas obtenu 0 ?

A : je sais pas peut-être que y en a qui avaient plus de glaçons que d'autres ou d'ingrédients froids que d'autres du coup ben ça gelé plus facilement. Ou il y en avait qui avait plus d'eau du coup ça prenait plus longtemps à geler il y en a qui avaient moins d'eau ou

Joanna : donc tu penses que s'il y a plus d'eau dans le tube c'est ça, tu penses que s'il y a plus d'eau dans le tube ça met plus longtemps

A : bah oui parce que du coup il y a toute l'eau à geler

Joanna : OK mais est-ce que ça va ça va geler à une température différente du coup ? moi je suis d'accord que ça peut mettre plus de temps de refroidir plus d'eau mais est-ce que ça va geler à une température différente ?

A : je sais pas aussi peut-être qu'il y en a avait qui tenaient tellement fort comme ça que ça chauffait un petit peu le bol enfin le récipient du coup ben ça ça chauffait aussi un petit peu le thermomètre du pouvoir ça faire des montées

Joanna : OK, ça faisait monter la température à l'intérieur, d'accord. Et est-ce que tu penses que ce serait vrai pour d'autres liquides cette expérience-là ? Si à la place de de l'eau dans le tube à essai on mettait du sirop par exemple est-ce que tu penses que ça gèlerait aussi à 0 degrés ?

A : Ben ça pourrait marcher oui

Joanna : tu penses que oui ?

A : Oui et par contre pour l'huile je sais pas

Joanna : pourquoi ce sera différent pour l'huile ?

A : parce que l'huile c'est pas exactement pareil que l'eau c'est gras l'huile

Joanna : donc tu penses la température de solidification sera différente ?

A : oui et aussi quand l'huile on la met dans de l'eau elle est plus légère donc du coup elle va plutôt aller en haut

Joanna : OK d'accord bah merci Juliette c'est bon je vais juste te poser une dernière question déjà je te remercie beaucoup parce que tu m'as aidé dans mes recherches et je voulais savoir comment tu t'es sentie

A : bien

Joanna : ça ça t'a plu ?

A : Oui

Joanna : d'accord est-ce que tu voudrais ajouter quelque chose à tout ce que tu as dit ?

A : je sais pas c'est compliqué

Joanna : d'accord Ah c'est c'était compliqué pour toi ?

A : Ben oui parce que bah faut trouver des réponses et surtout bah on peut pas répondre à tout euh surtout ben nous on est encore enfant on est encore en stade d'apprentissage et du coup bah on doit apprendre encore, on sait pas tout.

Joanna : oui moi non plus je ne sais pas tout tu sais j'apprends encore. Mais c'est très bien, merci beaucoup tu m'as aidée.

Elève B (CE1)

Joanna : Ma première question pour toi c'est : Est-ce que tu aimes bien les sciences en général ?

B : Oui

Joanna : Pourquoi ?

B : Parce que on peut faire de la science et aussi on peut refabriquer des trucs qui étaient avant

Joanna : ok donc ça te sert à comprendre des choses qui existaient avant pour toi c'est ça ?

B : Oui

Joanna : ok, est-ce que tu aurais des exemples de choses en sciences que tu aimes bien ?

B : Oui parce que des fois il y a des gens qui font de la science et ils retrouvent, peuvent refabriquer des mamouths

Joanna : D'accord. Et ben aujourd'hui nous ensemble on va aussi parler de sciences d'accord ? Mais on va voir, je vais te montrer 2 exemples différents. Le premier exemple c'est cet exemple-là regarde, je te montre. C'est un exemple sur une étude sur les moineaux donc c'est 2 scientifiques qui sont spécialistes tous les 2 des oiseaux et qui réalisent des observations sur les moineaux dans un parc en ville. Les moineaux c'est des petits oiseaux comme ça je pense que tu connais. Et donc ils sont 2 à faire ces observations et ils ont le même matériel : ils ont des jumelles et on peut penser aussi qu'ils ont un crayon avec un carnet pour noter leur réponse.

B : Et c'est presque les mêmes habits !

Joanna : oui, c'est vrai ils sont juste de couleurs différentes. Ils comptent les moineaux qu'ils voient ensemble de 8h à midi, toute la matinée ils comptent les moineaux ensemble et ensuite ils rentrent au laboratoire et au laboratoire ils rencontrent une autre amie scientifique qui veut savoir comment ça s'est passé la matinée, c'est elle. Le premier scientifique, le bleu, il lui dit à la scientifique : « nous avons compté les moineaux de 8h à midi et nous en avons vu 104 il y a 104 moineaux qui vivent dans le parc ». Le deuxième, le jaune, celui qui était avec le bleu il lui dit : « ce matin nous avons compté à peu près 104 moineaux entre 8h et midi je dirais qu'il y a entre 100 et 110 moineaux dans le parc.

Est-ce que tu peux m'expliquer ce que raconte cette histoire, cette situation-là ?

B : Ben en fait, c'est des scientifiques, ben ils recherchent des oiseaux et après ils disent à une de leurs amies qu'ils rencontrent dans le laboratoire, ils disent que dans un parc ils ont retrouvé 104 moineaux. Et après il y a le jaune qui dit un peu pareil mais il dit entre 120 et 110,

Joanna : entre 100 et 110 oui

B : moineaux

Joanna : et donc c'est ça la différence entre, on est d'accord qu'il ne disent pas exactement la même chose les 2 scientifiques ?

B : Oui mais un peu

Joanna : mais un peu mais en fait, qu'est ce qui est différent dans leur réponse?

B : c'est que là c'est différent parce que lui, il dit « nous avons compté les moineaux de 8h à midi »

Joanna : donc ça on est d'accord qu'ils disent la même chose mais qu'est ce qui est différent avec tes mots à toi ?

B : et ben c'est différent parce que lui, il met plus de chiffres.

Joanna : Ah, il met plus de chiffres et à ton avis pour est-ce qu'il en met plus ?

A : je sais pas

Joanna : pourquoi est-ce qu'à ton avis il pourrait dire que son résultat c'est à peu près 104 ? Pourquoi est-ce qu'il y a entre 100 et 110 ? quelle est la raison pour laquelle celui-ci serait à peu près alors que l'autre il dit 104 ?

B : Ben je sais pas

Joanna : Qu'est-ce qui aurait pu se passer ? Imagine, toi tu es dans le parc, qu'est ce qui aurait pu se passer ?

B : Qu'il aurait plus de moineaux

Joanna : Plus de moineaux que quoi ?

B : Que les autres

Joanna : C'est-à-dire qu'il y en a un des deux qui en a vu plus ?

B : oui

Joanna : et pourquoi ?

B : parce que peut-être qu'il y a 2 endroits mais il y a des moineaux où y en a pas beaucoup et un où il y en a beaucoup plus

Joanna : mais eux 2 ils étaient au même endroit ?

B : oui mais peut-être que y en a un qui regarde plutôt loin par rapport à l'autre

Joanna : Ah donc tu penses qu'ils ne regardent pas les 2 au même endroit ?

B : oui

Joanna : ok mais alors pourquoi est-ce que lui il est sûr d'en avoir compté 104 alors que lui il est moins sûr ?

B : parce que peut-être que lui il a vu l'autre groupe de moineaux et on avait moins

Joanna : mais s'ils en ont compté tous les deux 104 il n'en a pas vu moins que l'autre ?

B : ben oui, mais peut-être qu'il y a eu 104 moineaux dans un côté 104 de l'autre

Joanna : donc ils ont vu le même nombre ?

B : oui, peut-être

Joanna : d'accord et si toi si tu étais la 3e scientifique ou le 3e scientifique du coup, si tu as si tu n'étais pas allé, mais si tu les avais rencontrés en rentrant, est-ce que tu aurais préféré croire le scientifique bleu qui dit qu'il y a 104 ou le scientifique jaune qui dit qu'il y a entre 100 et 110 ?

B : le bleu

Joanna : pourquoi est-ce que tu préfères le bleu ?

B : parce que je pense que c'est vrai

Joanna : tu penses que quoi est vrai ?

B : ce qu'il dit

Joanna : qu'est ce qu'il dit ?

B : Il dit qu'ils ont trouvé 104 moineaux dans le parc entre 8h et midi

Joanna : Ok, donc toi tu penses qu'il y a 104 moineaux qui vivent dans le parc ?

B : oui

Joanna : et toi est-ce que tu penses en général - pas forcément dans cet exemple là mais en général - est ce que en sciences, on donne plutôt des réponses comme le premier scientifique bleu ou comme le 2e le jaune ?

B : ben des réponses comme le jaune.

Joanna : pourquoi ?

B : ben parce que c'est .. je sais pas moi je pense que c'est le jaune

Joanna : Mais pourquoi est-ce que toi tu préfères croire le bleu?

B : Parce que je pense que c'est une réponse vraie

Joanna : ok mais du coup en sciences on donne plutôt des réponses qui sont pas vraies comme le jaune ?

B : Des fois, des fois ils se trompent.

Joanna : Ah d'accord ok et donc tu penses que pour un scientifique, il a le droit de dire à peu près ou de ne pas être sûr, ça c'est ok tu penses ?

B : oui

Joanna : tu penses que oui ? d'accord et c'est quoi pour toi un scientifique ?

B : c'est quelqu'un qui recherche. Par exemple un scientifique parce que moi j'écoute des odysées et c'était des scientifiques qui étaient dans la jungle et il y avait de la glace parce que c'était l'hiver et ils ont retrouvé un corps avec une hache et après ils ont cherché et ils l'ont appelé et après ils disaient que c'était de l'époque des chevaliers .

Joanna : ok donc c'est des personnes qui font des recherches dans le temps aussi ?

B : oui

Joanna : ok, merci alors ça c'est la fin de la première situation y en a une 2^e un deuxième exemple. Le deuxième exemple tu le connais tu te souviens ? On a fait l'expérience en classe.

B : Oui

Joanna : Est-ce que tu peux me rappeler ce qu'on a fait dans cette expérience-là ?

B : on avait fait ben on est il y a à quelle température ben la glace, à quelle température est la glace ?

Joanna : à quelle température l'eau...

B : congèle

Joanna : congèle, devient glace d'accord

B : oui

Joanna : et donc comment on avait fait ? Quelle était notre méthode ?

B : notre méthode eh ben on avait un thermomètre et un espèce de tube avec un pot y a où il y avait de l'eau ou de la glace ?

Joanna : dans le pot c'était comme un mini congélateur avec de la glace

B : avec de la glace, on avait de l'eau dans le petit truc, dans le petit tube et on met le thermomètre dedans après après des fois ça congelé par exemple 0 degrés. Et moi avec L**** j'en étais à à moins 9

Joanna : donc la glace elle a gelé à -9 pour vous

B : oui

Joanna : d'accord, et est-ce que tu penses que du coup on peut dire que l'eau elle gèle à -9 degrés ?

B : oui, des fois

Joanna : ah, ça dépend de quoi alors ?

B : quand il fait un peu plus chaud ou plus froid ben l'eau gèle à -9

Joanna : quand il fait plus froid où ?

B : ben par exemple euh, en hiver des fois il fait -9 degrés

Joanna : ah donc quand il fait plus froid l'eau gèle. Moi ce que je te demande c'est précisément est-ce que tu penses qu'elle gèle que à moins -9°C ?

B : non des fois à -10

Joanna : ok

B : des fois à 0

Joanna : et des fois à 0. Mais tu te souviens ? regarde là on avait obtenu d'autres valeurs, y avait les valeurs d'autres groupes là. Le groupe A, il avait obtenu -2 degrés le groupe B 0 degré le groupe C 3° le groupe D 1 degré et le groupe E - 5°C. Donc on avait tous obtenu des résultats différents.

B : oui

Joanna : comment tu expliques ça toi ?

B : ben je sais pas.

Joanna : qu'est-ce qu'il aurait pu se passer qui fait que le groupe A c'est - 2, pour ton groupe c'était -9

B : ben parce que je pense qu'on ne l'avait pas mis en même temps.

Joanna : qu'est ce que tu n'avais pas mis en même temps ?

B : ben le petit euh le thermomètre avec le tube donc peut-être que pour eux ça a gelé comme ça parce qu'ils l'ont mis avant nous.

Joanna : et imagine que maintenant que on a tous mis en même temps et on a tous enlevé en même temps. Comment ça se fait qu'on trouve des résultats différents ?

B : ben parce qu'il fait chaud dans la salle et des fois la glace elle peut fondre.

Joanna : Mais alors elle aurait fondu chez tout le monde pareil.

B : oui mais peut être que qu'au-dessus de la lumière elle fait plus chaude il y avait quelqu'un au-dessus avec la avec le tube avec la glace et ça a fondu

Joanna : ok donc toi tu penses ok donc toi tu penses qu'il y avait des différences de température à l'extérieur qui expliquent que l'eau, elle ne gèle pas à la même température c'est ça ?

B : oui

Joanna : et moi ce que je t'avais pas donné est-ce que déjà tu penses qu'il y a moyen d'être sûr du résultat ? de trouver un résultat pour tout le monde ? qu'est-ce que tu pourrais faire ?

B : par exemple faire que tout le monde soit par exemple dans la neige. On met le pot sur une table et là il y a de la neige et peut-être qu'il fait plus froid et peut-être que ça ne va pas fondre. Et tout le monde aura le même résultat.

Joanna : Pourquoi est-ce que c'est différent si c'est dans la neige ?

B : parce qu'il fait plus froid qu'au-dessus d'une lumière ou dans une salle

Joanna : mais là est-ce que c'était pas un peu comme si c'était dans la neige finalement ?

B : si mais ou il y a un endroit on le met dans un endroit où il fait très froid. On met le pot dans un endroit où il fait froid.

Joanna : d'accord, ok. Tu te souviens de la valeur exacte du résultat ? parce que je vous avais donné la valeur scientifique, tu t'en souviens de la vraie valeur ?

B : [fait non de la tête]

Joanna : c'était 0 degré d'accord ? Normalement l'eau elle gèle tout le temps à 0 degré. Et est-ce que tu penses que ce résultat là il serait vrai pour d'autres liquides comme le sirop

B : non parce que le sirop des fois c'est chaud.

Joanna : mais il peut refroidir ?

B : oui

Joanna : et si il refroidit à ton avis il peut aussi geler ?

B : oui et je pense qu'il gèle. Mais en fait des fois par exemple comme la viande, la viande c'est très froid après ça gèle et après ça devient brûlé.

Joanna : quand c'est très très froid ça brûle ?

B : oui, des fois.

Joanna : ok, mais si je reviens au sirop

B : et bien le sirop je pense que ça gèle à -1 degrés.

Joanna : et comment tu sais ça

B : ben je sais pas. Je pense que ça gèle à -1.

Joanna : d'accord ok, merci Arthur on a fini. Je t'ai donné les 2 situations. J'ai une dernière question pour toi, c'est est-ce que, comment tu t'es senti ?

B : Bien

Joanna : et mon autre question c'est est-ce que tu veux ajouter quelque chose que ce soit pour la situation des moineaux ou celle-là ? est-ce que tu as encore quelque chose que tu aimerais me dire ?

B : oui pour la situation des moineaux

Joanna : ah dis moi

B : et ben en fait des fois dans le parc il y a des moineaux mais qui n'étaient pas là avant. Ils étaient dans d'autres parcs et ils sont venus dans ce parc. Donc peut-être que quand les scientifiques sont partis, bien il y en a eu encore plus.

Joanna : donc est-ce que finalement on peut être sûr qu'il y en a 104 ?

B: non

Joanna : qu'est-ce qu'il faudrait faire à ton avis ?

B : il faudrait venir tous les jours

Joanna : et les recompter à chaque fois ?

B : oui

Joanna : et ensuite comment tu fais ? si un jour j'en ai compté 100 et un autre jour j'en compte 120 et encore un 3^{ème} jour j'en ai 150, combien je sais combien il y a en a ?

B : ben on écrit, on fait des calculs.

Joanna : ah on fait des calculs ? pour faire quoi ?

B : ben pour voir combien il en a après

Joanna : d'accord, et à ton avis il y aura combien si on si un jour y en a 100, un jour y a 120 un jour y en a 150 ?

B : je pense...

Joanna : tu pourrais le savoir sans faire de calcul ou pas ?

B : sans faire de calcul non

Joanna : et tu ferais quoi comme calcul toi ?

B : je ferais $100 + 100 + 20 + 100 + 50$

Joanna : tu additionnes tous les moineaux

B : j'additionne par unités, dizaines et centaines

Joanna : ok, merci A, c'est tout ?

B : Oui !

Elève C (CE1)

Joanna : on va parler de sciences ensemble. Est-ce que déjà tu peux me dire si tu aimes bien les sciences ou pas en général ?

C : moi j'adore les sciences.

Joanna : Et qu'est-ce que tu aimes bien dans les sciences ?

C : que c'est bien parce que ça nous apprend des choses, comme ça si on a envie de le refaire à la maison peut le refaire.

Joanna : aujourd'hui, on va regarder 2 situations simple, la première c'est celle-ci, regarde je te la montre. C'est 2 scientifiques, c'est un jaune et un bleu. Ils sont spécialistes des oiseaux et réalisent des observations sur les moineaux dans un parc donc ils veulent compter les moineaux du parc, ceux qui vivent dans le parc. Et tu vois ils ont tous les 2 le même matériel : ils ont des jumelles et on peut penser qu'ils ont aussi un petit carnet avec un stylo pour noter. Ils comptent les moineaux qu'ils voient ensemble de 8h à midi et ensuite il rentre au laboratoire, là où ils font leurs recherches et ils rencontrent une autre amie scientifique aussi et elle veut savoir comment ça s'est passé leur matinée donc elle leur demande combien ils ont compté de moineaux. Le premier scientifique il lui dit : « nous avons compté les moineaux de 8h à midi et nous en avons vu 104 donc il y a 104 moineaux qui vivent dans le parc » et le 2e le jaune qui était avec le scientifique bleu il dit : « ce matin nous avons compté à peu près 104 moineaux 8h et midi. Je dirais qu'il y a entre 100 et 110 moineaux dans le parc. ». Est-ce que tu peux m'expliquer l'exemple que je te donne, l'histoire ?

C : en fait il y a deux scientifiques qui apprennent, qui observent les oiseaux et ils en ont compté environ 104 vers 8h et 12h et ils ont croisé une autre scientifique dans le couloir des sciences et elle leur a posé la question : « combien de moineaux avez-vous compté dans le parc ? »

Joanna : est-ce qu'ils disent la même chose les 2, le bleu et le jaune est-ce qu'ils disent la même chose ?

C : non

Joanna : quelle est la différence ?

C : le jaune il dit, la différence c'est que le jaune il dit "on a compté environ 104, à peu près 104 moineaux entre 8h et 12h alors que l'autre il dit que on a compté 104 moineaux dans le parc.

Joanna : ok et du coup pourquoi est-ce que tu penses que le celui-ci dit environ 104 ?

C : Parce que il dit pas la même chose que son frère ?

Joanna : l'autre scientifique et pourquoi est-ce qu'il dit « environ » à ton avis, « à peu près » 104 ?

C : parce que il a vu presque 104 alors par exemple 103 alors

Joanna : et pourquoi tu penses que lui il en aurait compté moins ?

C : bah je sais pas

Joanna : imagine, toi dans le parc, qu'est-ce qui aurait pu se passer ? pourquoi ils ne disent pas exactement la même chose ?

C : peut-être que le scientifique bleu il en a pas compté, il en a compté plus. Peut-être que le jaune il en a compté, qu'il en a oublié un de moins

Joanna : mais pourtant il dit il dit aussi « nous en avons compté à peu près 104 » donc tu penses qu'il en a loupé un c'est ça ? donc il a fait une erreur, il a observé un différemment c'est ça ?

C : peut-être qu'il a compté un autre oiseau

Joanna : un autre oiseau qui n'est pas un moineau c'est ça ?

C : oui

Joanna : ok donc en fait il est pas trop sûr parce qu'il est pas sûr d'avoir compté exactement 104 c'est ça ?

C : oui

Joanna : ok et toi si tu étais à 3e scientifique là à qui demande des nouvelles, est-ce que tu préférerais croire le bleu ou le ou le jaune ?

C : le jaune

Joanna : pourquoi ?

C : parce qu'il faut toujours être sûr de nous.

Joanna : parce que tu penses que lui il est plus sûr que le bleu ?

C : oui

Joanna : pourquoi est-ce qu'il est plus sûr ?

C : parce que lui il a peut-être compté le bon nombre d'oiseaux et que son frère il a il en a compté un de plus.

Joanna : et pourquoi ce serait lui qui aurait compté le bon nombre et pas l'autre ?

C : je sais pas

Joanna : d'accord okay c'est pas grave. Est-ce que tu penses qu'en général en sciences on donne plutôt des réponses comme le premier où il dit qu'il y en a 104 j'en suis sûr ou le 2e qui dit à peu près 104 ?

C : le deuxième

Joanna : pourquoi est-ce que tu penses qu'on fait ça ?

C : bah pour au moins écouter ce que dit le 2^e. Parce que si tu crois directement le premier bah le 2e du coup il va pas être écouté et si ça se trouve, c'est lui qui a vu la bonne réponse.

Joanna : mais par exemple si j'avais échangé et que je t'avais présenté celui-là en premier tu aurais cru le bleu du coup ? si j'avais mis le jaune en premier et le bleu en 2^e (j'échange les 2 dialogues posés sur la table)?

C : ben non parce qu'ils disent pas la même chose

Joanna : ok donc tu préfères quand même croire ce que dit le jaune, c'est ça ?

C : oui

Joanna : et mais pourquoi ? qu'est-ce qui dans le, dans ce que dit le jaune, tu lui fais plus confiance ? Qu'est-ce qui te fait penser que c'est lui qui a raison et pas le bleu ?

...

Tu veux que je te les relise ?

C : Non mais c'est que là il y a écrit et 110 moineaux

Joanna : Oui, je dirais oui

C : attends, il y a écrit, « ce matin on a compté à peu près 104 moineaux entre 8h et 12h, je dirais qu'il y a entre 100 et 110 moineaux dans le parc ». Il a dit 3 chiffres, mais du coup on peut pas savoir combien il y a de moineaux dans le parc parce que du coup il a dit 3 chiffres. Il a compté 104, 110 et 100 tout court

Joanna : oui c'est ça mais pourquoi est-ce que tu préférerais plutôt croire le jaune alors ? tu veux enfin si je te repose la question est-ce que tu préfères croire le jaune ou le bleu ? il n'y a pas forcément de bonne réponse, je cherche juste à comprendre pourquoi tu préfères l'un ou l'autre.

C : je sais pas

Joanna : c'est pas grave du tout. Est-ce qu'à ton avis est-ce qu'un scientifique il a le droit de dire à peu près ? comme là ce qu'il a le droit de dire « à peu près 104 »

C : oui

Joanna : pourquoi ?

C : parce que la science, c'est quand même très difficile donc on peut pas toujours être très très sûr.

Joanna : et à ton avis pourquoi est-ce qu'on peut pas toujours être très très sûr ?

C : parce que c'est difficile et que ça prend du temps parfois à comprendre que c'est ça.

Joanna : ok et pour toi c'est quoi un scientifique ?

C : un scientifique pour moi c'est de la chimie, la science.

Joanna : que'est-ce qu'on fait en chimie ?

C : Oh je sais pas trop tard mais plus tard, j'aimerais bien être scientifique

Joanna : c'est super ! Alors on a fini la première situation. La 2e tu la connais d'accord. Tu te souviens de ça ?

C hoche la tête

Joanna : ok, est-ce que tu peux me réexpliquer de ce qu'on avait fait dans cette expérience ?

C : alors ce qu'on avait fait on avait créé un mini frigo avec de la glace. On l'avait mis dans un pot et on avait on avait une feuille où dessus il y avait un thermomètre, plein de thermomètres du plus petit au du plus grand plus petit et c'était pour qu'on puisse noter la la taille du... c'était pour qu'on puisse noter la taille de la puissance de quelle température c'est, si c'est pas trop froid ou très très très froid et entre pendant chaque 30 secondes et ben tu nous disais de lever le thermomètre pour qu'on puisse voir si ça a gelé un peu en bas et puis quand pour qu'on puisse voir quelle température c'est si ça a bougé ou pas et qu'on puisse le noter sur la feuille.

Joanna : ok c'était quoi notre question, pourquoi est-ce qu'on a fait cette expérience ?

C : pour savoir à quelle température l'eau elle gèle.

Joanna : ok et tu te souviens toi, ce que tu avais trouvé ?

C : on avait trouvé zéro, c'était lui.

Joanna : Ah vous aviez trouvé 0 d'accord. Et du coup est-ce que tu es sûre de ton résultat ? Est-ce qu'on peut dire que l'eau elle gèle à 0 degré juste avec toi, ton résultat ?

C : je sais pas trop, je dirais que il faudrait quand même aller un tout petit peu plus froid mais quand même pas trop.

Joanna : c'est-à-dire, un tout petit peu plus froid ?

C : il faudrait que le thermomètre il continue de baisser bien mais un tout petit peu

Joanna : et tu et tu dirais quoi alors finalement ? Ce serait quoi ta réponse ?

C : ce serait -4

Joanna : d'accord. Là c'est une autre classe qui a fait aussi les expériences et j'ai noté les résultats des groupes. Donc le groupe A a obtenu -1 degrés et le groupe B il a obtenu comme toi tu avais obtenu, 0, le groupe C, 3°C et le groupe D 1°C et le groupe E -5°C. Comment on fait pour savoir à partir de quelle température l'eau gèle ?

C : on devrait refaire l'expérience et essayer d'être vraiment bien précis sur l'expérience.

Joanna : Qu'est-ce qu'il faudrait changer ? Qu'est-ce que tu préciserais toi ?

C : moi je préciserai qu'il faudrait plutôt mettre 40 secondes, comme ça on a bien le temps de patienter et ensuite quand les 40 secondes elles sont passées, tu nous dis de lever et on regarde si ça a gelé ou pas.

Joanna : mais ça c'est un autre groupe, une autre classe qui a fait et je leur ai dit exactement en même temps, ils ont tous levé en même temps, et pourtant on obtient quand même des résultats qui sont pareils. Alors quel autre explication tu pourrais me donner ?

C : on devrait, je sais pas

Joanna : pourquoi est-ce que pour toi il y en a un qui a obtenu -2 ? si on imagine qu'on a tous levé en même temps à 40 secondes si tu veux d'accord ? toutes les 40 secondes on note la température et à la fin eux ils remarquent que quand l'eau elle est totalement gelée à l'intérieur, c'est moins 2°C, eux ils notent 0, eux ils notent 3, d'accord ? Qu'est-ce qui pourrait expliquer qu'il n'obtiennent pas tous le même résultat ?

C : peut-être que ils ont mis plus de glace dans leur frigo, leur mini-frigo.

Joanna : ok d'accord, t'as une autre explication ?

C : non

Joanna : et comment on fait alors ? comment on sait à partir de ces résultats-là lequel est vrai ? Est-ce qu'il y a un vrai ? comment tu ferais toi pour me dire l'eau gèle à hm-hm degrés ?

C : moi je dirais -5°C parce que quand même 3 c'est sûr c'est quand même un peu trop, 1 c'est molo molo, 0 peu moins molo molo et 2 encore un peu moins molo molo et 5 c'est parfait pour moi.

Joanna : ah, donc tu prendrais la plus froide c'est ça ?

C : oui

Joanna : ok, est-ce que tu penses autre manière parce que quand on était en classe tu m'avais donné une autre façon de faire ? (elle m'avait dit qu'il fallait prendre la valeur qui est au milieu)

C : je ne me rappelle plus

Joanna : et c'est quoi le vrai résultat ? on avait dit le résultat scientifique c'est quoi ?

C : c'était 3 ?

Joanna c'était 0 degré : l'eau gèle à la température de 0 degré. Comment on aurait pu être plus sûr du résultat tu as une idée ? Qu'est-ce qu'on aurait pu faire pour avoir la valeur scientifique ? Parce que toi tu l'as obtenue mais ce groupe-là par exemple il ne l'a pas obtenu. Mais comment tu leur expliques que cette valeur-là elle est pas très juste et que c'est 0 degré qui est juste ?

C : Je leur dis vous vous êtes trompés.

Joanna : mais ils vont te demander pourquoi alors ?

C : parce que c'est trop froid

Joanna : -2°C c'est trop froid ? parce que tu compares mais eux ils vont te dire bah comment ça se fait qu'on a obtenu une température trop froide ?

C : je ne sais pas

Joanna : est-ce que tu penses que par exemple ce serait vrai pour d'autres liquides aussi par exemple le sirop ? Est-ce qu'il gèle aussi à 0 degré à ton avis ?

C : ben oui

Joanna : oui ?

C : ah non, comme c'est pas de la même la même chose dans le liquide bah du coup ça va pas geler à la même température parce que par exemple c'est comme une cuisse de poulet ça se cuit plus longtemps que de l'ananas. L'ananas ça ne se cuit pas mais bon.

Joanna : ok donc parce que ce n'est pas la même chose à l'intérieur, tu ne peux pas savoir. Ou en tout cas c'est une autre température.

C hoche la tête

Joanna : bien on a fini, merci beaucoup pour ta participation. J'ai encore 2 questions pour toi : la première c'est : comment tu t'es sentie ?

C : bien.

Joanna : qu'est-ce que tu as pensé des questions ?

C : moi j'étais bien

Joanna : et l'autre question que je voulais te poser c'est : est-ce que tu veux ajouter quelque chose que ce soit pour la situation des moineaux ou celle-ci ? est-ce que tu as quelque chose que tu aimerais rajouter ?

C : pour la situation des moineaux. Je trouve qu'il faudrait que le jaune qui revérifie ses calculs.

Joanna : Celui qui est moins sûr ? celui qui dit entre 100 et 110 ? et l'autre il faudrait pas qu'il revérifie ?

C : si les 2

Joanna : et comment ils feront pour revérifier ?

C : ils recompteraient ensemble et ils vont se dire « moi pour l'instant j'ai tout ça de moineaux et lui dit j'ai tout ça de moineaux et ils vont essayer de communiquer parce que s'ils ne communiquent pas pour compter les moineaux ben ils ne vont pas obtenir la même réponse.

Joanna : d'accord mais là finalement ils avaient réussi à se mettre d'accord. Ils étaient tous les 2 d'accord sur 104.

C : oui

Joanna : mais tu penses que pour être plus sûr il faut qu'ils comptent ensemble ?

C : oui

Joanna : je note. Merci !

Elève D (CE1)

Joanna : ma première question c'est déjà, est-ce que tu aimes bien les sciences ?

D : oui

Joanna : pourquoi ?

D : parce qu'on fait des trucs scientifiques. Et ça nous apprend des choses. Par exemple j'ai bien aimé quand on faisait des expériences sur à quelle température gélait l'eau

Joanna : on va le voir après ça tu vas voir. Mais d'abord j'ai une première situation pour toi. C'est une situation de sciences dans laquelle ce sont 2 scientifiques qui sont spécialistes des moineaux, des oiseaux et qui réalisent des observations sur les moineaux dans un parc de la ville. Ils veulent les compter pour savoir combien de moineaux vivent dans ce parc. Ils sont 2 donc il y en a un bleu et un jaune. Tu vois, ils ont le même matériel : ils ont des jumelles, ils peuvent avoir un carnet avec un stylo pour noter des choses. Ils sont tous les 2 là entre 8h et midi. Et ensuite ils rentrent au laboratoire et ils rencontrent une autre scientifique qui veut savoir comment s'est passé leur matinée. Cette scientifique-là leur demande ben qu'est-ce qu'ils ont trouvé dans le parc. Il y en a un premier scientifique qui dit, le bleu il dit « nous avons compté les moineaux de 8h à midi et nous en avons vu 104. Il y a 104 moineaux qui vivent dans le parc. » et ensuite y a le 2^e, le jaune, lui il dit « ce matin nous avons compté à peu près 104 moineaux entre 8h et midi, donc je dirais que dans le parc il y a entre 100 et 110 moineaux. ». Tu peux m'expliquer l'histoire ?

D : en fait c'est 2 scientifiques, ils sont spécialistes des moineaux et il va compter combien il y a d'oiseaux dans le parc. Et là, le jaune et ils se sont pas trop écouté, ça veut dire que du coup, ils disent pas la même chose sur les fiches alors et du coup bah ils sont un peu perdus dans les nombres qu'ils avaient.

Joanna : alors que ce qui est différent entre les 2 déjà ?

D : le bleu, il dit « nous avons compté les moineaux 8h à midi et nous en avons vu 104 il y a 104 moineaux qui vivent dans le parc »

Joanna : ok et avec tes mots, c'est quoi la différence avec celui-ci ?

D : bah en fait il est pas sûr lui.

Joanna : Ah pourquoi il est pas sûr ? Qu'est-ce qu'il dit ? Comment tu sais qu'il n'est pas sûr ?

D : « ce matin nous avons compté à peu près », c'est à peu près ,« 104 moineaux entre 8h et midi. Je dirais qu'il y en a entre 100 et 110 moineaux dans le parc »

Joanna : ok donc lui il est moins sûr que l'autre

D : ouais

Joanna : ok et pourquoi est-ce que le jaune il serait moins sûr ?

D : bah peut-être que y en a un qui est passé vite et que lui il l'a vu et pas lui.

Joanna : tu penses que lui il est pas sûr parce qu'il est pas sûr de les avoir tous comptés, parce qu'il a il a peur d'en avoir oublié un

D : oui

Joanna : ok mais est-ce qu'il y a d'autres choses qui pourraient faire que lui il dit qu'il y en a à peu près 104 ? peut-être qu'il en a oublié un, en effet. Est-ce qu'il pourrait y avoir d'autres raisons ?

...

Imagine, toi tu es dans le parc et tu dois compter les oiseaux, qu'est-ce qui pourrait se passer ?

D : ben je les compte

Joanna : et donc si t'en as 104 à la fin, t'es sûr qu'il y en a 104 qui vivent dans le parc ?

D : ben non parce qu'après il peut y en avoir qui naissent et qui meurent.

Joanna : Ah oui, entre-temps. Qu'est-ce qui pourrait se passer d'autre ?

D : il y en a qui arrivent pour les migrations

Joanna : oui d'autres endroits par exemple

D : et en même temps elle regarde pas la même chose alors c'est pour ça

Joanna : tu penses qu'ils regardent pas forcément toujours au même endroit ?

D : bah oui puisque le jaune par exemple il peut regarder et le bleu là, il envoie un et là il en voit pas.

Joanna : ok, mais alors comment ça se fait que le bleu il est sûr ?

D : Ben parce que en vrai peut-être qu'il n'est pas sûr et qu'il a un peut-être mal compté

Joanna : d'accord ok et euh et si toi tu étais là le la 3e personne là la scientifique ou le scientifique qui n'a pas fait l'expérience mais qui demande les résultats, est-ce que tu préférerais croire le scientifique bleu ou le jaune ?

D : le jaune

Joanna : pourquoi ?

D : parce que lui il y a plus de ... ben on est à peu près sûr parce que il dit pas un nombre un nombre, un nombre euh alors par exemple

Joanna : précis ?

D : un nombre précis voilà, il dit euh entre disons 100 et en 110

Joanna : ok donc toi tu préfères croire celui-là même si c'est à peu près ?

D : oui.

Joanna : ok est-ce que tu penses qu'en général en sciences, on dit plutôt les réponses comme le premier ou comme le 2^e ? en général quand on fait un travail de sciences.

D : il montre le scientifique jaune

Joanna : comme lui ? et donc c'est pour toi un scientifique, il a le droit de dire à peu près, il a le droit de ne pas être sûr ?

D hoche la tête

Joanna : à quelles autres raisons tu pourrais penser ? pourquoi est-ce qu'il pourrait ne pas être sûr ?

D : ben peut-être qu'il a peut-être pas tout compté

Joanna : et dans d'autres situations, c'est un peu compliqué.

D : il y en a qui sont dans les arbres cachés

Joanna : oui par exemple. Et pour toi c'est quoi un scientifique alors ?

D : c'est quelqu'un qui essaye euh bah de découvrir quelque chose qui n'a pas été fait par les autres.

Joanna : ok, alors on a fini avec la première situation. Maintenant, je te présente la 2^e situation, tu la connais. Tu te souviens ? Est-ce que tu peux m'expliquer ce qu'on avait fait dans cette expérience ?

D : bah en fait on avait lu une histoire qui parlait de d'un loup qui voulait plus à manger alors le renard il était futé, alors il l'a piégé. Pour ça, il a obligé a obligé au loup de mettre sa queue en lui disant « tiens avec ta queue, tu vas porter un sceau et après les poissons, ils vont se mettre dedans et tu vas et en fait tu vas remonter ta queue et t'auras plein de poissons ». Mais sauf que l'eau, elle a gelé avant et du coup cette expérience.... au début eh ben...

Joanna : elle servait à quoi cette expérience ?

D : à savoir à quelle température euh ce devenait dur hum l'eau.

Joanna : ok à quelle température l'eau gèle, ou l'eau se solidifie. Et c'était quoi notre méthode ?

D : ben en fait, on voulait fabriquer un, comme un mini frigo en fait on avait des mini glaçons avec du sel et on les a mis dans un dans un petit pot. Et après on a mis un un .. comment ça s'appelle ?

Joanna : de quoi le tube ?

D : un tube à essai et avec un

Joanna : Qu'est-ce que ça mesure ? Tu vas trouver le mot.

...

Un thermomètre

D : Ah oui un thermomètre et et pour ça on l'a mis dans le mini frigo qu'on avait fabriqué et et euh on avait une fiche aussi

Joanna : alors attends, juste une chose : il y avait juste le thermomètre. Dans le tube à essai t'as mis juste le thermomètre ?

D : j'ai mis le, on a mis le thermomètre après on l'a mis dans la glace dans

Joanna : mais il n'y avait rien dans le tube à part le thermomètre ? A quoi il servait le thermomètre ?

D : à mesurer l'eau. A quelle température elle gèle quoi

Joanna : donc ça veut dire qu'il y a autre chose dans le tube

D : ben du produit

Joanna: Ah non là dans le tube. Je suis d'accord, ça, c'était le mini frigo. Dans le mini frigo on a plongé un tube avec quoi ? Il avait quoi dans le tube ? Il n'y avait pas que le thermomètre, il y avait aussi de...

D : l'eau !

Joanna : il y avait aussi de l'eau parce que c'est ça qu'on veut regarder d'accord ? On veut voir si l'eau qui est dans le tube, elle gèle.

D : ok et ben du coup on avait une fiche avec plusieurs thermomètres et des et des graduations. Et on devait euh colorier à quelle toutes les 30 secondes à quelle température nous disait notre copain qui était avec nous.

Joanna : et il te donnait la température de quoi ?

D : Ben qu'il avait sur son thermomètre

Joanna : c'était la température de quoi ?

D : de l'eau qui était dans le tube à essai

Joanna : et toi est-ce que tu te souviens de ce que t'avais obtenu comme résultat ? parce qu'on avait on a au bout d'un moment l'eau elle gèle et alors tu m'as dit « l'eau elle gèle à hm hm degré et toi tu avais avec ton groupe tu te souviens ou pas ?

D : -3°C

Joanna : ok est-ce que du coup tu penses qu'on peut dire que l'eau elle gèle tout le temps à -3°C ?

D : En vrai je me suis trompé alors c'était euh 0 degré

Joanna : alors ça c'est le résultat scientifique que je vous avais donné mais est-ce que toi enfin tu me dis tu t'es trompé mais comment est-ce que toi t'aurais pu te tromper ?

D : ben, j'avais on avait mal regardé l'eau qui gelait.

Joanna : tu penses que tu as pas exactement vu quand l'eau gelait c'est ça ?

D : oui et que du coup on a vu à - 3°C

Joanna : tu l'as vu à - 3, ok. Donc tu penses que c'est une histoire de tu as pas regardé au bon moment c'est ça ?

D : c'est ça.

Joanna : ok et alors là, regarde, je t'ai donné le résultat d'autres groupes là. Tu vois le groupe A, il a obtenu que l'eau gèle à -2°C , le B à 0, le C à 3, le D à 1°C et le E à -5°C , d'accord ? Comment tu expliques qu'on n'ait pas tous obtenu les mêmes résultats ?

D : Par exemple, il y avait un groupe qui avait un thermomètre un peu cassé.

Joanna : ah donc ça c'est donc c'est un peut être un problème de thermomètre.

D : Et bah ça peut être aussi comme moi on a on a mal regardé au on a regardé au mauvais moment.

Joanna : d'accord

D : peut-être qu'ils ont mal vu parce que les graduations là sur le thermomètre, elles sont toutes petites et peut-être ils ont pas vu la ils ont pas vu la vraie euh.. par exemple si c'était si c'était à 0 degré et que là il voyait c'était un tout petit peu plus donc à 2°C .

Joanna : donc c'est peut-être une erreur de lecture c'est ça ? de des graduations. Ils n'étaient pas sûrs des graduations

Joanna : tu vois une autre raison ?

D : non

Joanna : et du coup est-ce qu'il y a moyen d'être plus sûr du résultat que ça ?

D : Ben maintenant qu'on connaît la réponse

Joanna : comment est-ce que tu peux la retrouver, la réponse ? ou à ton avis comment est-ce que tu pourrais retrouver cette réponse-là ?

D : ben en refaisant l'expérience.

Joanna : Encore une fois ? et admettons je la refais, j'obtiens 1°C . A ton avis comment est-ce que moi j'ai pu vous dire que c'est 0 degré ? que la température scientifique c'est 0 degré ?

D : ben parce que par exemple t'as cherché sur un dictionnaire ou un ou euh et c'était d'autres scientifiques qui avaient trouvé .

Joanna : OK donc soit j'ai cherché dans un livre, soit il y a d'autres scientifiques qui ont fait l'expérience.

D : et qui l'ont noté après sur un livre

Joanna : d'accord. Et est-ce que tu penses que ça serait vrai aussi ce résultat pour d'autres liquides comme le sirop par exemple ? est-ce qu'à ton avis le sirop il gèle aussi à 0 degré ?

D : Je ne sais pas car on n'a pas fait l'expérience.

Joanna : d'accord tu n'as pas fait l'expérience

ok super et bien on arrive à la fin de de notre discussion, je te remercie. J'ai encore 2 questions pour toi. La première c'est comment tu t'es senti ?

D : bien

Joanna : est-ce que c'étaient des questions où tu étais à l'aise ou pas tellement ?

D : bah la première euh c'était un peu compliqué et celle-là aussi

Joanna : d'accord et est-ce que tu voudrais ajouter quelque chose concernant les 2 situations ?

D : non, c'est tout

Joanna : ok, bien je te remercie.

Elève E (CM2)

Joanna : alors on va parler de sciences. Déjà est-ce que toi tu aimes bien ça ?

E : bah ouais bof

Joanna : Qu'est-ce que tu aimes, qu'est-ce que tu aimes moins ?

E : euh j'aime bien ce qu'on a fait en sciences ?

Joanna : par exemple enfin, qu'est-ce que tu aimes bien dans les sciences toi ? déjà est-ce que pour toi les sciences c'est que ce qu'on fait à l'école

E : euh bah tu peux aussi faire ça en dehors de l'école, les sciences, tu peux aussi faire par exemple de la chimie ce sera de la science. Tu peux la faire en dehors de l'école mais la plupart des sciences que je fais c'est oui à l'école

Joanna : d'accord et qu'est-ce que tu aimes bien comme thème ?

E : euuh là

Joanna : Tu n'es pas obligé de me dire si tu n'as pas d'idée, c'est pas grave.

E : Non je n'ai pas d'idées.

Joanna : Ok, alors aujourd'hui on va travailler sur 2 thèmes différents. Je te montre le premier thème c'est celui-là. Je vais à chaque fois donner des petites histoires comme ça ce sera plus simple de discuter. La première histoire, c'est celle-ci. Donc ce sont 2 scientifiques, tu vois il y a un bleu et un jaune. Ce sont spécialistes des oiseaux qui réalisent des observations sur les moineaux dans un parc d'une ville, et ils veulent compter le nombre de moineaux pour savoir combien il y en a qui vivent dans le parc, des moineaux. Tu vois ils ont tous les 2 le même matériel : ils ont des jumelles un carnet peut-être pour écrire avec un stylo et ils comptent les moineaux qu'ils voient ensemble de 8h à midi. Ils les comptent ensemble. Et ensuite ils rentrent au laboratoire et au laboratoire ils rencontrent une autre amie scientifique qui veut savoir comment s'est passé leur matinée. Donc elle leur demande comment ça s'est passé, quels résultats ils ont obtenu. Le premier scientifique, le bleu, il lui dit : « Nous avons compté les moineaux de 8h à midi et nous en avons vu 104 donc il y a 104 moineaux qui vivent dans le parc ». Ça c'est le bleu. Et le jaune, celui qui était avec le bleu, il dit « Ce matin nous avons compté à peu près 104 moineaux dans le parc 8h et 12h je dirais qu'il y a entre 100 et 110 moineaux dans le parc ». Est-ce que tu peux me m'expliquer cette situation avec tes mots à toi ?

E: Alors il y a deux scientifiques qui recherchent dans le parc combien il y a de moineaux. Ils en ont compté 104 entre 8h et midi et après ils reviennent dans le dans le... ils viennent voir leur amie scientifique dans le laboratoire. Le bleu, il lui dit qu'il a trouvé, il a vu 104 moineaux 8h00 et midi et le jaune il lui dit que il a trouvé 104 moineaux entre 8h00 et 12h et il lui dit qu'il qu'il pense qu'il en a qu'il y en a entre 100 et 110.

Joanna : donc quelle est la différence entre les 2 scientifiques ?

E : le bleu il est sûr qu'il y en a 104 et le jaune il est pas sûr. Il dit qu'il en a entre 100 et 110

Joanna : ok, et qu'est ce qui fait que le jaune il ne serait pas sûr en fait ? Pour quelle raison il dit entre 100 et 110, mais je suis pas trop sûr à ton avis ?

E : parce que sur l'image il est plus loin.

Joanna : Ah tu penses qu'il est plus loin. Alors imagine qu'ils sont à côté. Effectivement, il est peut-être plus loin mais imagine qu'ils sont juste à côté, ils ont vraiment le même, la même vision.

E : peut-être qu'il était pas au même endroit.

Joanna : ils sont même endroit ça je te le dis, ils ont compté ensemble donc normalement ils étaient au même endroit. Mais qu'est ce qui fait que l'un peut dire « à peu près » alors que le bleu il semble être sûr alors qu'ils ont vu la même chose à priori ?

E : parce que le bleu il a peut être mieux vu que le jaune

Joanna : peut être, et toi imagine si tu étais dans le parc là, qu'est-ce qu'il aurait pu se passer en fait ?

E : il y a des moineaux qui sont arrivés. Le bleu il les a vus et le jaune il les a pas vus

Joanna : d'accord t'aurais d'autres raisons qui te viennent à l'esprit ou pas forcément d'accord ?

E : euh non

Joanna : d'accord. Si tu étais la 3e personne là le ou la scientifique qui était au laboratoire, qu'est-ce que tu préférerais croire entre le scientifique jaune et le bleu ?

E : Le scientifique jaune parce que le bleu il dit qu'il y en a 104, il est sûr qu'il en a 104. Il est pas sûr qu'il en a un peu moins, pas sûr qu'il y en a un peu plus mais le jaune, il y a une proposition entre 0 et 10. Du coup ça peut être 123456789 10

Joanna : tu veux dire entre 100 et 110 donc ça peut être 101 102 103

E : oui

Joanna : et donc toi tu préfères croire la personne qui te dit bah il y en a peut-être 100 101 102

E : oui

Joanna : et pourquoi ? pourtant lui, il a l'air moins sûr ?

E : parce qu'il y a plus de chances qu'il ait juste lui que le bleu.

Joanna : d'accord, et est-ce que tu penses qu'en général en sciences -on oublie un peu cet exemple- en général en sciences, est-ce que on donne plutôt des réponses comme le premier, le bleu, scientifique ou le jaune ? A ton avis, est-ce qu'on dit plutôt, on est plutôt comme lui ou plutôt à peu près ?

E : plutôt à peu près

Joanna : T'aurais une raison ? Tu pourrais me dire pourquoi ?

E : euh non, j'ai pas trop d'exemples. Bah non j'en ai pas trop mais je m'en souviens qu'il disait à peu près

Joanna : d'accord et c'est ok pour toi qu'un scientifique dise à peu près ? c'est, c'est il a le droit ?

E : oui, non pas trop, pas trop un scientifique, il a pas trop le droit de dire qu'il y a entre, il doit être sûr mais je crois plutôt lui. Je pense que il vaut mieux qu'on dit ça que ça.

Joanna : d'accord mais est-ce qu'un scientifique il a le droit de ne pas être sûr de lui ?

E : oui

Joanna : et c'est quoi pour ton scientifique ?

E : c'est quelqu'un qui fait des recherches sur par exemple les moineaux. Il fait des recherches sur combien il y a de moineaux. Il y en a qui leur ont dit que y avait des moineaux et les scientifiques ils ont essayé de chercher plus plus lointain. Ils ont essayé de savoir combien il y en a pile.

Joanna : Ok, très bien. Je vérifie juste que ça enregistre encore. Alors, on a fini pour les moineaux, on passe à une deuxième situation, c'est celle-ci, je te montre. C'est une expérience que j'ai fait avec mes CE1. L'expérience qu'on a faite ensemble, c'est la suivante qui est représentée ici. En fait, ce qu'on a cherché à savoir c'est à partir de quelle température l'eau elle passe d'un état liquide à un état solide. Donc à partir de quelle température l'eau gèle ? Est-ce que toi, déjà, t'as une idée de quelle expérience on pourrait faire pour mesurer ça ?

E : on pourrait prendre de l'eau normale et... la mettre dans l'eau et refroidir petit à petit et voir à combien de degrés ça gèle.

Joanna : et comment tu fais pour mesurer la température ?

E : avec un, par exemple un truc que tu mets dans les piscines pour voir la température.

Joanna : ça s'appelle un thermomètre. C'est exactement ce qu'on a fait, c'est très bien, c'est ça. C'est ce qu'on a fait avec mes CE1. Regarde, je te montre là l'image de un peu approchée. En gros, ce qu'on a fait, c'est que on avait un mini congélateur ce qui était le petit pot avec on avait mis dedans un mélange très très froid. Et dans ce pot-là, on a plongé un tube et dans le tube il y avait de l'eau et un thermomètre. Et ce thermomètre, il nous servait à mesurer la température de l'eau et donc en fait on a obtenu plusieurs résultats. J'ai plusieurs groupes de ma classe qui ont fait cette expérience. Le premier groupe, par exemple, il a obtenu que l'eau gèle à partir de -2°C . On regardait régulièrement, on sortait le tube du mini-congélateur et on regardait la température de l'eau et on regardait si c'était solide. Le premier groupe a dit -2 , le 2e groupe, il a trouvé 0, le groupe C 3 le groupe D 1 et le groupe E -5 . Ma question est : à partir de ce tableau, est-ce que tu peux me dire la température à partir de laquelle l'eau gèle ?

E : euh j'ai 2 réponses qui pensent que ce je pense que c'est les bonnes, je sais pas laquelle choisir : c'est 0°C et -2°C .

Joanna : et pourquoi tu n'arrives pas à choisir entre les 2 ?

E : parce que 0°C je sais plus c'est la température où il fait froid quand même il fait très froid, mais je suis j'arrive pas à savoir si c'est assez froid pour que l'eau gèle.

Joanna : donc toi tu t'aides de ce que tu connais. Mais eux, ils ont fait l'expérience donc peut être que on peut s'aider des résultats de l'expérience. La question : est comment on fait ? parce que t'es d'accord on n'a pas tous, ils n'ont pas tous obtenu le même résultat, donc comment je choisis ? comme toi en fait comment tu choisis entre 0 et -2 ?

E : je pense que c'est 0.

Joanna : comme ça là. Alors qu'est ce qui expliquerait ? ça je suis d'accord que 0 c'est la température c'est effectivement, c'est la température scientifique, celle qu'on a trouvée de façon scientifique. Mais par contre comment tu expliques qu'il y en a d'autres qui ont trouvé -5°C par exemple ?

E : parce que -5 c'est trop froid, pour moi c'est trop froid.

Joanna : et pourquoi eux ils ont obtenu ça ? ok imagine tu leur dis « c'est trop froid » mais eux te disent « mais pourquoi » ?

E : parce que peut-être qu'il ils avaient exactement la même température des bols ?

Joanna : ils ont lu la température toujours au même moment. On sortait toujours au même moment et quand ils ont trouvé que c'était, que l'eau était devenue solide ils ont relevé cette température et ils l'ont noté dans le tableau.

E : bah peut-être que ils ont attendu trop longtemps et après ils ont mis le thermomètre dedans mais c'est et c'était froid c'est froid.

Joanna : donc ça veut dire qu'ils auraient dû regarder avant ? Peut-être que l'eau a gelé alors que la température était un peu plus élevée c'est ça ?

E : oui

Joanna : d'accord, intéressant et donc comment on pourrait faire pour être plus sûr du résultat ? Parce que toi tu m'as dit t'es t'es pas trop sûr, maintenant je t'ai donné la réponse mais comment on peut faire pour être plus sûr ? Si tu me dis c'est 0, comment tu peux me le prouver ?

E : parce que un degré c'est c'est encore c'est trop... déjà 3° c'est trop chaud et un degré c'est c'est c'est presque gelé mais c'est pas c'est pas c'est froid.

Joanna : mais comment tu aurais le prouver parce que moi j'en sais rien si à un degré l'eau elle est encore liquide ou si elle est solide

E : parce que à partir de 0 degré on voit très bien que c'est qu'il fait vraiment très froid.

Joanna : tu le sens, c'est ça ?

E : oui

Joanna : d'accord et moi je te dis la valeur exacte du résultat c'est 0 degré. L'eau gèle à 0 degré, à ton avis comment je l'ai su ?

E : bah tout seul ou avec des scientifiques ?

Joanna : c'est ma question. À ton avis, comment j'ai su ce résultat-là ?

E : peut-être en cherchant sur internet ou parce que y a des scientifiques qui ont qui ont cherché très très bien.

Joanna : et alors qu'est ce qu'ils ont fait de mieux que nous là ? Tu dis ils ont cherché très très bien

E : ben ils ont fait ça avec des appareils améliorés qui par exemple dès que c'est froid ils font bip et du coup ça permet de savoir aux scientifiques à quelle heure euh à quelle à quelle température il fait froid.

Joanna : d'accord donc avec des meilleurs instruments ok. Et est-ce que tu penses que ce résultat là il serait vrai pour d'autres liquides comme le sirop par exemple ?

E : bah non parce que c'est pas de l'eau le sirop. Le sirop c'est par exemple ça dépend des fruits parce que le sirop c'est ça dépend s'il est chimique ou si il est pas chimique.

Joanna : donc toi qu'est ce qu'on devrait faire alors pour savoir ?

E : tester aussi avec le le thermomètre pareil.

Joanna : ok d'accord, et ben on arrive presque au bout. J'ai encore 2 questions pour toi : la première c'est comment tu t'es senti ? Qu'est-ce que tu en as pensé de ces questions-là ?

E : c'était bien

Joanna : oui ? tu as aimé les questions ? et est-ce que tu veux rajouter quelque chose sur une des 2 situations des choses que tu auras envie de me dire encore ?

E : non pas forcément

Joanna : bon ok là je te remercie beaucoup alors, je vais arrêter l'enregistrement.

Elève F (CM2)

Joanna : alors, avant de présenter des situations, je veux juste te demander déjà : est-ce que tu aimes bien les sciences en général ?

F : oui

Joanna : qu'est-ce que tu aimes tu aurais un exemple ?

F : j'aime bien le cycle de l'eau, et un peu tout donc euh

Joanna : d'accord ok et bien nous, aujourd'hui, on travaille sur 2 situations différentes. Donc je vais t'expliquer. On va prendre 2 exemples scientifiques différents. Le premier exemple que je vais te donner c'est celui-ci, regarde. J'ai pris des images comme ça c'est un peu plus facile d'imaginer la situation. Ce sont 2 scientifiques, ils sont spécialistes des moineaux. Là, il y a un jaune et un bleu ils sont spécialistes des oiseaux et ils réalisent des observations sur les moineaux dans un parc de la ville. Tu vois, ils ont tous les 2 le même matériel : ils ont des jumelles, ils peuvent avoir un carnet des choses pour noter. Ils comptent les moineaux qu'ils voient ensemble entre 8h et midi et ensuite ils rentrent au laboratoire où ils rencontrent une autre amie scientifique qui veut savoir comment s'est passée leur matinée, combien ils en ont compté. Donc elle leur demande comment ça s'est passé, quelles sont leurs résultats. Le premier scientifique, le bleu, il dit la phrase suivante : « nous avons compté les moineaux de 8h à 12h et nous en avons vu 104. » et ensuite, il dit : « il y a 104 moineaux qui vivent dans le parc ». Ensuite il y a un 2e le scientifique jaune. Elle le rencontre un peu plus loin dans le couloir et elle lui demande la même chose, elle demande comment ça s'est passé ce matin, quels sont ses résultats. Le scientifique jaune lui dit : « ce matin nous en avons compté 104 moineaux entre 8h et 12h. Je dirais qu'il y a entre 100 et 110 moineaux dans le parc. »

Déjà est-ce que tu peux m'expliquer l'histoire que je viens de te raconter ?

F : donc il y a 2 scientifiques qui vont dans un parc observer un moineau. Quand ils rentrent au laboratoire, il y a une scientifique qui leur demande comment s'est passée leur journée ou leur matinée. Et il dit, le premier scientifique dit « nous avons compté les moineaux de 8h à 12h et nous en avons vu 104. Il y a 104 moineaux qui vivent dans le parc. Et le 2e scientifique dit : « ce matin nous avons compté à peu près de 104 moineaux entre 8h et midi »

Joanna : à peu près 104 hein, ils ont compté le même nombre

F : oui. Je dirais qu'il y a entre 100 et 110 moineaux dans le parc.

Joanna : ok donc ça c'est ce qu'il y a écrit. Maintenant moi je te demande avec tes mots à toi, comment tu peux m'expliquer la situation ?

F : ben ils sont allés de midi euh de 8h à midi dans un parc étudier les oiseaux, ils en ont vu à peu près 104. Il y en a un qui dit que il y en a 104 dans le parc et il y en a un autre qui dit qu'il y en a entre 100 et 110 moineaux.

Joanna : d'accord, et est-ce qu'il y a une différence entre la réponse des 2 des 2 scientifiques, entre le bleu et le jaune ?

F : oui

Joanna : d'accord et c'est quoi la différence ?

F : en fait le bleu il est, disons qu'il est persuadé, qu'il y a que tout les, qu'ils ont vu tous les moineaux qu'il y a dans le parc

Joanna : d'accord

F : et qui qui en a pas d'autres alors que le scientifique jaune, il se dit il y en a peut-être d'autres donc je dirais entre 100 et 100 moineaux

Joanna : d'accord et qu'est-ce qui pourrait faire qu'il y en a entre 100 et 110 ? donc tu m'as dit y en a d'autres et qu'est-ce ce qui aurait pu arriver aussi ? Pour qu'il pour qu'il dise entre 100 et 110 ou environ ?

F : parce que parce que ben déjà c'est des nombres qui sont entre euh le 4 c'est entre 100 euh et 104 c'est entre 100 et 110 donc c'est et euh...

Joanna : toi si c'était dans parc, qu'est- ce qui ce qui aurait pu faire que tu dises entre 100 et 110 ?

F : Ben parce que le parc doit être grand et on donc on a peut-être pas vu tous les oiseaux du parc

Joanna : Ah donc peut être que eux ils n'ont pas vu tous les oiseaux. Donc le scientifique jaune peut-être qu'il pense qu'ils ont pas vu tous les oiseaux.

F : oui peut-être.

Joanna : et si tu étais la la personne la 3e scientifique là, qui est-ce que tu préférerais croire ? Est-ce que tu préférerais croire le scientifique bleu ou le jaune

F : plutôt le jaune

Joanna : pourquoi ?

F : parce que ben c'est ben parce que le parc doit être grand et donc on a peut-être pas vu tous les oiseaux

Joanna : d'accord et est-ce que tu penses qu'en général en sciences, on donne plutôt des réponses comme le premier le bleu ou le comme le 2e le jaune ? les réponses qu'on donne en science.

F : plutôt comme le jaune

Joanna : tu pourrais m'expliquer pourquoi ?

F : parce que y a beaucoup de choses que l'on connaît pas donc quand on est pas sûrs... tout ce qu'on sait c'est c'est peut-être pas forcément juste, donc il faut approximer

Joanna : oui c'est ça le mot, il faut approximer à peu près le le résultat. Et est-ce que c'est ok enfin est ce que un scientifique il a le droit de dire à peu près ou de ne pas être sûr quand il donne un résultat selon toi ?

F : oui parce que oui parce que oui mais parce que on est pas sûr de tout avoir juste. Donc si on se trompe. C'est vrai que si dans de grands projets on se trompe ben c'est un peu grave mais euh... je pense qu'on a le droit de se tromper.

Joanna : donc tu penses que toi il dit ça parce que il a peur de se tromper c'est ça ?

F : euh

Joanna : pas exactement ?

F : non mais je ne saurais pas comment l'expliquer

Joanna : ok, c'est quoi pour toi un scientifique ?

F : scientifique c'est quelqu'un qui observe la nature. Pas forcément la nature mais, pas que la nature, mais

Joanna : il observe des choses ?

F : voilà et..

Joanna : qu'il en fait après ?

F : après on vérifie si ça pourrait être juste et après normalement ça nous apprend des choses sur ce qui nous entoure.

Joanna : ok d'accord. Alors on a fini pour la première situation, je vais t'en présenter une 2^e, regarde. C'est une expérience que j'ai fait avec ma classe d'ici. On était même dans cette pièce, regarde. Alors je vais t'expliquer. Donc avec ma classe de ce1 on a mené cette expérience. En fait ce qu'on cherchait avec ça c'est la température à partir de laquelle l'eau liquide elle devient solide. A ton avis qu'est-ce qu'on peut faire comme expérience pour montrer que l'eau liquide elle devient solide à une certaine température ?

F : déjà on prend peut-être de l'eau liquide et on la met par exemple dans un frigo et quelques heures après elle est solide.

Joanna : Et comment je sais à quelle température elle est devenue solide ?

F : hmm

Joanna : déjà qu'est-ce que tu utilises comme instrument pour mesurer la température ?

F : un thermomètre

Joanna : oui, donc qu'est-ce que tu pourrais faire avec ce thermomètre ?

F : mesurer la température du frigo pour euh. Je pense que si on peut changer si on peut changer la température du frigo par exemple et qu'on fait de du plus chaud au plus froid et qu'on met un thermomètre dedans, ben on voit avec le même temps euh si l'eau est devenue liquide ou pas.

Joanna : super c'est une très bonne expérience ça. Donc tu changes la température du frigo pour voir à partir de quelle température l'eau elle devient solide, c'est ça ?

F : oui

Joanna : c'est super. Alors moi je te montre l'expérience que moi j'ai fait avec mes ce1. L'expérience est la suivante : en fait ce qu'on a fait c'est que nous on avait un pot dans lequel j'ai mis un mélange de glace et de sel qui me sert comme un mini congélateur, comme tu m'as dit toi. Donc ça c'est notre mini congélateur en classe ok ? et à l'intérieur de ce mini congélateur on a plongé un autre tube je ne sais pas si tu vois bien ce tube. Il y en a un par personne il est là tu vois il est transparent.

F : oui

Joanna : c'est un tube à essai dans lequel on a mis de l'eau ici. Et dans ce tube on a aussi mis le thermomètre pour mesurer la température de l'eau, et ensuite ce tube-là on l'a plongé dans le mini congélateur. Ça va ? Et en fait ce qu'on a fait c'est qu'on a mesuré toutes les 30 secondes la

température de l'eau à l'intérieur du tube et aussi si elle était gelée ou pas. C'est bon ? Tu me dis si il y a quelque chose qui n'est pas clair.

F : c'est bon.

Joanna : Et donc plusieurs groupes de ma classe ont menés l'expérience, regarde : le groupe A il a trouvé que l'eau gèle à -2°C , le groupe B il a trouvé que c'était 0 degré, le C 3° , le D 1°C et le E -5°C . Qu'est-ce que tu en penses toi déjà de ces résultats ?

F : euh qu'ils sont proches de 0 .

Joanna : et c'est quoi 0 degrés tu sais ?

F : euh c'est la température je crois où l'eau gèle.

Joanna : d'accord donc toi tu connais déjà la la température scientifique. Mais ma question c'est du coup à partir de ces résultats-là comment on peut savoir la température à partir de laquelle l'eau gèle ?

F : euh

Joanna : parce que toi tu m'as directement dit « Ah bah c'est logique, elles sont très proches de 0 degré » mais alors qu'est-ce qui fait que c'est pas tout à 0 degré alors ?

F : euh

Joanna : qu'est-ce qui aurait pu se passer pendant l'expérience ?

F : peut-être que l'eau qui était dans le tube elle avait la même pas la même température peut être donc elle gèlera un peu plus... non je sais pas

Joanna : tu penses que c'est une histoire de température de l'eau mais en fait elle elle

F : ouais, je sais pas

Joanna : d'accord c'est pas grave. Comment est-ce qu'on aurait pu être sûr ? Enfin comment est-ce qu'on aurait pu faire pour être sûr, plus sûr du résultat ? Par exemple les personnes qui ont eu 3°C là, tu m'as dit « bah non c'est plutôt 0 », qu'est-ce que tu pourrais leur conseiller pour que leur expérience, elle fonctionne et qu'ils aient le bon le résultat 0 degré ?

F : déjà la même température parce que y avait peut-être des choses qui avaient pas et aussi

Joanna : donc la même température de l'eau au départ c'est ça ? ou la même température du mini frigo ?

F : les 2

Joanna : les deux, d'accord.

F : et bien regarder pile au moment où l'eau gèle.

Joanna : okay et est-ce que tu penses que c'est précis de regarder le à quel moment l'eau gèle ? c'est quelque chose qu'on peut voir après avec précision ?

F : euh

Joanna : c'est pas évident, c'est pas facile, c'est ça ?

Joanna : d'accord est-ce que tu penses que ça serait vrai aussi pour d'autres liquides par exemple le sirop ? Est ce que le sirop il gèle à 0 degré aussi selon toi ?

F : moi je dirais non mais parce que le sirop y a de l'eau dedans je crois

Joanna : un petit peu ouais

F : donc euh

Joanna : d'accord peut-être mais on n'est pas sûrs

F : voilà

Joanna : et comment tu pourrais faire pour être sûr ? enfin comment est-ce que tu pourrais trouver la réponse ?

F : en faisant comme avec l'eau en changeant de la température du frigo

Joanna : d'accord, tu aurais refait l'expérience toi ?

F : oui

Joanna : ok d'accord et ben merci. Qu'est-ce que t'en as pensé de cette discussion ? Comment tu t'es sentie ?

F : bien.

Joanna : d'accord c'étaient des questions comment ? intéressantes ou...

F : oui intéressantes

Joanna : oui, est-ce que tu veux ajouter quelque chose encore sur une des 2 situations ?

F : non

Joanna : c'est bon ok, alors je te remercie énormément.

Elève G (CM2)

Joanna : On va parler de sciences ensemble : est-ce que tu aimes bien ça ?

G : ça dépend ce que c'est. Par exemple là, on est en train de faire sur, enfin on avait fait sur des sur le gaspillant le gaspillage de l'alimentation. Moi j'étais intéressée parce que tu vois moi normalement je mange tout ce que ce que tu me donnes et après je trouvais que c'était intéressant en sciences. Mais après il y a des choses que je suis pas très intéressée.

Joanna : d'accord, donc ça dépend un peu. Et bien moi aujourd'hui, je vais te présenter 2 situations différentes, 2 exemples différents. Le premier exemple, c'est le suivant, regarde. Je t'ai donné des images juste pour qu'on arrive à un peu s'imaginer la situation. Alors la situation, c'est la suivante : on a 2 scientifiques, ils sont là, d'accord ? il y en a un jaune et un bleu, ils sont spécialistes des oiseaux et ils réalisent des observations sur les moineaux dans un parc de la ville. Des moineaux, c'est des oiseaux comme ça. Ils veulent compter le nombre de moineaux qui vivent dans le parc et tu vois ils ont tous les 2 le même matériel : ils ont des jumelles, ils peuvent avoir des crayons, des carnets. Ils sont tous les 2 ensemble dans le parc de 8h à midi et ils comptent ensemble les moineaux d'accord ? Et ensuite ils rentrent au laboratoire et au laboratoire ils rencontrent une autre amie scientifique, cette personne-là, qui leur demande comment ça s'est passé. Elle veut savoir comment s'est passée leur recherche. Et le premier scientifique, il lui dit « nous avons compté les moineaux de 8h à 12h et nous en avons vu 104 donc il y a 104 moineaux qui vivent dans le parc ». Et le 2e le jaune qui était avec le bleu il dit « ce matin nous avons compté à peu près 104 moineaux entre 8h et midi.

Je dirais qu'il y a entre 100 et 110 moineaux dans le parc. ». Est-ce que tu peux m'expliquer l'histoire avec tes mots à toi ? Pas forcément en relisant.

G : ben il y avait les deux scientifiques, bien sûr ils étaient au parc et il y en a une qui dit qui ils ont vu enfin qu'il y a 400 enfin 104 moineaux dans le parc mais il y a l'autre qui dit qu'il y en a un peu près, il y en a entre 100 et 110 dans le parc.

Joanna : Et quelle est la différence entre les 2 ? Est-ce qu'ils disent exactement la même chose les 2 scientifiques ?

G : Non, ils ont dit les mêmes choses, c'est qu'ils ont dit qu'ils étaient là de 8h jusqu'à midi et que bah qu'ils ont vu 104 moineaux dans le parc mais le il y en a un qui dit que y a 104 moineaux qui vivent dans le parc et que y a et l'autre il dit que y en a entre 100 et 110.

Joanna : d'accord et à ton avis qu'est-ce qui pourrait faire que le 2e scientifique il dit que il y en a entre 100 et 110 alors que ils ont vu la même chose et qu'ils ont compté ensemble ?

G : peut-être parce qu'il a d'autres moineaux qu'ils n'ont pas vu, fin ils n'ont pas compté.

Joanna : ok est-ce que tu peux trouver d'autres raisons ? Imagine, toi tu étais dans le parc qu'est-ce qui aurait pu se passer pour que tu sois pas totalement ...

G : bah soit j'étais pas là le matin quand il y en avait quelques-uns qui sont venus ou j'ai parti juste après que il y avait d'autres oiseaux qui sont venus,

Joanna : Ok, donc tu penses que tu les as pas tous vus en fait ? il y en a qui sont qui se sont pas présentés au moment où tu étais.

G acquiesce

Joanna : d'accord et si tu étais la 3e scientifique là. La personne qui est ici, qu'est-ce que tu préférerais croire le bleu ou le jaune ?

G : moi je dirais plutôt le jaune parce qu'on sait pas exactement si il y a, on n'est pas sûr qu'il y a 104 moineaux dans le parc mais on sait que il y en a au moins 100 et on sait pas s'il y en a plus ou s'il y en a moins que 100 ou si c'était juste les 4 autres, c'était juste ceux qui vient de quelque part d'autre.

Joanna : d'accord. Et est-ce que tu penses qu'en général, juste mon oublie cet exemple là, en sciences en général, est ce que on donne plutôt des réponses comme le scientifiques en bleu ou comme le le scientifique jaune ?

G : ça dépend parce qu'il y a des choses en sciences qui sont complètement vraies et on le sait. Mais y en a que on n'est pas sûr donc moi je dirais plutôt le jaune.

Joanna : d'accord et donc pour toi c'est c'est ok de dire « à peu près » ou de pas être sûr pour un scientifique ?

G hoche la tête

Joanna : d'accord, ça pose pas de problème, d'accord. Et c'est quoi pour toi un scientifique ?

G : C'est quelqu'un, ben normalement quand on voit des scientifiques bah on voit avec leurs petits trucs en verre là et avec des potions qu'ils font mais en vrai je crois que c'est juste des personnes qui font des recherches sur leur enfin pas sûr l'internet mais eux ils font des recherches pour mettre sur internet pour d'autres personnes qui juste font des recherches et...

Joanna : super ok. On a fini pour cette situation-là. Je vais t'en présenter une 2^e. C'est une expérience que j'ai fait avec ma classe de ce1. Alors notre question c'était : à partir de quelle température l'eau gèle ? C'est-à-dire à partir de à quelle température l'eau elle passe d'un état liquide à un état solide ?

et ma question pour toi c'est : comment est-ce qu'on pourrait faire, quelle expérience on pourrait faire pour savoir ?

G : mettre de l'eau et bah mettre de l'eau dans un verre enfin déjà. Si on a dans le frigo on peut mettre dedans.

Joanna : ok, et qu'est-ce que tu vas faire avec cette eau ?

G : bah on le met dedans et éventuellement ça va geler. Et après ben, on met le truc pour prendre la température, je sais pas comment ça s'appelle

Joanna : un thermomètre.

G : un thermomètre voilà. Elles vont le mettre dedans et après on sait normalement on sait à quelle température ça a gelé.

Joanna : ok donc c'est un peu ce qu'on a fait, t'as raison c'est totalement c'est totalement une façon de faire. Et je vais te présenter la façon dont nous on a fait. En fait, ce qu'on a fait, c'est qu'on a utilisé un genre de mini-congélateur. C'était un pot dans lequel on a mis un mélange très très froid, ok ? et dans ce mélange très très froid on a mis un tube à essai comme tu l'as dit avant. Dans le tube à essai j'ai mis de l'eau et un thermomètre pour pouvoir mesurer la température, ok ? Ce tube, on l'a plongé dans le mini congélateur pour que l'eau ... qu'est-ce qu'elle va faire quand je plonge l'eau dans le congélateur ?

G : elle va geler.

Joanna : d'accord et notre question c'était de savoir à partir de quand, quelle température l'eau elle gèle, d'accord ? Donc on relevait la température assez régulièrement et je regardais à chaque fois si l'eau elle était gelée ou pas et et ça nous a permis de savoir « Ah l'eau elle est gelée, là, à telle température. » ok, c'est bon ça ?

G : je l'avais fait en ce2 avec ma maitresse

Joanna : Ah bah voilà super donc donc tu connais. Donc maintenant, regarde. J'avais plusieurs groupes, on avait le groupe de A à E. Le groupe A a obtenu que l'eau gèle à -2°C , le groupe B à 0, le groupe C à 3, le groupe D à 1 et le groupe E -5°C , d'accord ? Moi je te demande, ma question pour toi c'est : quelle est la température à laquelle l'eau gèle ? à partir de ce tableau-là.

G : moi je dirais soit ça commencerait plutôt vers 0°C ou quelque chose comme ça et après ça devrait ben normalement geler quand ça va vers moins de degrés

Joanna : ok et comment et comment tu, pourquoi tu as choisi 0 et pas 3°C ?

G : parce que 3°C je trouve que ça serait un petit peu trop trop haut pour que ça gèle. J'ai j'ai essayé une fois chez moi j'ai pris en été j'ai pris l'eau, j'ai mis l'eau le plus froid possible et il était à environ 4 et 3°C , entre le deux donc je me suis dit, elle, elle est pas gelée.

Joanna : donc en fait tu sais, tu sais que c'est 0, c'est ça ?

G : environ oui.

Joanna : d'accord et comment tu pourrais expliquer alors que y en a qui ont obtenu 3°C ou -5°C ?

G : parce que peut-être le thermo ça, ça là il était pas bien réglé ou parce que c'était plus froid ou plus chaud que l'autre fin je sais pas

Joanna : qu'est-ce qui était plus froid ou plus chaud ?

G : le mini congélateur.

Joanna : Ah donc tu penses que la température que j'ai mis en dessous là, le mini congélateur, s'il est trop froid ça change la température à laquelle l'eau gèle ?

G : attends si je pense, non ça pourrait pas parce que ce serait toujours de la même température. Mais quand on dit que ça a commencé genre juste un tout petit peu ou beaucoup, juste un tout petit peu ?

Joanna : oui, donc ça c'est notre explication c'est à dire que peut-être que quand ils ont regardé l'eau, toute l'eau était pas encore gelée c'est ça que tu veux me dire ? par exemple ?

G : oui mais peut-être c'était pour les -5.

Joanna : Ah d'accord

G : que c'était complètement gelé, donc après ça pourrait. Mais je ne sais pas. Maintenant que j'y pense je sais pas !

Joanna : comment on pourrait faire pour être plus sûr de ce résultat ?

G : de le faire nous même.

Joanna : et si maintenant je le refais et j'obtiens 2°C. Tu vas me dire quoi ?

G : est-ce que l'eau elle était complètement gelée, ou un tout petit peu ou juste un tout tout petit peu ?

Joanna : d'accord ok c'est peut être ça, d'accord. Et est-ce que y a un moyen de connaître la valeur exacte du résultat ? le résultat scientifique vraiment. Est-ce que tu penses qu'il y a moyen de le connaître ?

G : l'internet

Joanna : tu cherches sur internet, d'accord. Et tu vas chercher sur quoi comme site ? Tu vas juste poser ta question ? A qui est ce que tu vas faire confiance ?

G : les scientifiques

Joanna : ok d'accord et tu m'as dit que la valeur scientifique tu penses que c'est laquelle ?

G : Zéro au moins.

Joanna : oui c'est ça, l'eau gèle à 0 °C, tu avais raison. Est-ce que tu penses que ça serait vrai aussi pour d'autres liquides comme le sirop ? est-ce que tu penses que l'eau- le sirop il gèle aussi à 0 degré ou pas ?

G : oui je crois parce que c'est toujours euh, je ne sais pas en fait, aah bonne question ! Si c'est toujours liquide mais comme c'est plus épais que l'eau ben je sais pas si ça prendrait plus de temps ou moins de temps.

Joanna : ok d'accord donc toi tu penses que c'est une question de de texture quoi, d'épaisseur.

G acquiesce

Joanna : ok d'accord et ben on a presque fini. J'ai encore 2 questions pour toi. La première c'est : est-ce que ça t'a plu l'entretien enfin est-ce que comment tu t'es comment tu t'es sentie ?

G : j'étais très bien questionnée mais je sais pas parce que les sciences c'est très compliqué surtout parce que il y a des scientifiques ça prend très longtemps pour enfin devenir un scientifique parce que il faut beaucoup de travail et faire des études, beaucoup d'études pour faire ça. Donc je sais pas

parce que j'aime j'aime j'aime bien cette idée de science et après je sais pas enfin j'aimais bien, j'aimais bien être questionnée et que je disais des choses et c'était pas nécessairement vrai ou faux. Mais ouais j'aimais bien.

Joanna : d'accord et est-ce que tu veux ajouter quelque chose encore sur une des 2 situations ? des choses que tu aurais aimé dire et que t'as pas forcément.

G : non pas nécessairement

Joanna : ok d'accord et ben je te remercie alors pour ta participation.

Elève H (CM2)

Joanna : On va parler de sciences ensemble. Ma première question pour toi déjà c'est : est-ce que tu aimes bien les sciences généralement ou pas ?

H : oui plutôt.

Joanna : qu'est-ce que tu aimes bien ?

H : En classe des fois on fait des travail en groupe, et...

Joanna : bien ok il n'y a pas de problème. Donc nous on va travailler sur 2 situations en sciences ensemble là pendant 10 minutes. La première c'est la suivante, regarde. Je t'ai mis une petite image comme ça toi, tu t'imagines la situation. Donc t'as 2 scientifiques, un bleu et un jaune, qui sont dans un parc et ils sont des spécialistes des oiseaux et réalisent des observations sur les moineaux dans le parc de cette ville. Et ce qu'ils veulent savoir, c'est qu'ils veulent compter le nombre de moineaux qui vivent dans le parc, ok ? Tu vois, ils ont tous les 2 le même matériel : des jumelles, ils peuvent avoir un carnet, prendre des notes, etc. Donc, ils comptent les moineaux qu'ils voient ensemble de 8h à 12h dans ce parc là et ensuite ils rentrent au laboratoire et il rencontre une amie scientifique à eux. Elle leur demande comment ça s'est passé leur matinée. Le premier scientifique il lui dit : « nous avons compté les moineaux de 8h à 12h et nous en avons vu 104. Donc il y a 104 moineaux qui vivent dans le parc. ». Ça c'est le scientifique bleu. Et le 2^e, le jaune, il dit : « Ce matin nous avons compté à peu près 104 moineaux 8h et 12h donc je dirais qu'il y a entre 100 et 110 moineaux dans le parc. » Tu peux me réexpliquer l'histoire ?

H : Ben, ils veulent savoir combien il y a de monde dans le parc. Donc celui-là il dit à un nombre très précis et celui-là il dit un nombre approximatif.

Joanna : ok et à ton avis pourquoi est-ce qu'il dit ce nombre approximatif ?

H : bah parce que peut-être qu'il y a des moineaux qui ne sont pas passés ou bien ils peuvent pas être sûrs que il y a en a 104

Joanna : d'accord et qu'est-ce qui aurait pu se passer d'autre à part des moineaux qui sont pas passés ?

H : bah que qu'ils en ont en trop ou en plus. Enfin en plus

Joanna : c'est à dire qu'ils ont compté 2 fois le même par exemple ?

H : par exemple, oui.

Joanna : ok, d'accord et toi si tu étais le la 3e personne là le 3e scientifique, qui est-ce que tu préférerais croire ? Quelle information tu retiendrais finalement ?

H : plutôt la jaune parce que celle-là, elle est hyper précise, elle est plutôt pas si compliquée mais elle est trop enfin elle est trop centrée sur le même nombre.

Joanna : d'accord donc elle est trop précise pour toi, c'est ça ?

H : oui c'est ça

Joanna : c'est pas possible que y en ait 104 tout pile ?

H : non

Joanna : d'accord et est-ce que tu penses en général en sciences si oublie cette situation, est-ce qu'on donne plutôt des réponses comme le scientifique jaune ou comme le bleu ?

H : plutôt comme le jaune ?

Joanna : pourquoi ?

H : bah parce que pour pas se trom... c'est pour ne pas pour se pour ne pas exactement se tromper parce que 104 c'est euh... je répète la même chose heu c'est ...

Joanna : quand tu me dis pour ne pas se tromper, c'est-à-dire ?

H : bah c'est par exemple comme si on disait qu'il y a 8 milliards et 999 hommes sur la Terre et ben je sais pas, c'est extrêmement précis peut-être que y aura des naissances, des morts et des

Joanna : donc il peut se passer des choses qui fait qu'on est obligé de donner un nombre plutôt approximatif

H : oui, approximatif.

Joanna : ok très bien et est-ce que pour toi un scientifique il a le droit de dire « à peu près », de ne pas être sûr quand il donne un résultat ?

H : ben oui

Joanna : pourquoi ?

H : parce qu'il ne peut pas tout savoir.

Joanna : d'accord donc pour toi c'est plutôt euh tu tu le croirais quand même ?

H : oui

Joanna : et c'est quoi pour toi un scientifique ?

H : un scientifique c'est une personne qui fait des recherches souvent, non pas nature .. Il peut faire des recherches naturelles ou euh... C'est quelqu'un qui fait des recherches pour un laboratoire.

Joanna : d'accord ok. Ca c'est la situation que je t'ai donnée, maintenant j'en ai une 2e à te présenter, c'est celle-là. C'est une expérience que j'ai faite avec mes CE1.

H : je connais

Joanna : tu connais ? t'étais là ou pas ?

H : non non, je la connais ça c'est mon voisin et lui c'est le voisin d'un ami.

Joanna : D'accord alors moi ma question pour cette photo-là et qu'on s'est posée aussi avec mes CE1, c'est : à quelle température l'eau liquide devient solide ? Donc on a l'eau liquide, la question c'est à partir de quelle température elle se solidifie, elle gèle ? Est-ce que toi tu connais une expérience que tu pourrais faire pour savoir cette température-là ?

H : bah...

Joanna : Qu'est-ce que tu pourrais faire comme expérience ?

H : On met de l'eau dans un récipient puis on essaie de le mettre au .. dans un endroit tempéré plutôt bas, par exemple bref le frigo, je sais pas... et ça vraiment je sais pas si on peut choisir la température d'un ...

Joanna : oui

H : Ah bah alors on, d'abord on le met à 2°C et on voit si ça gèle, après à 0 degré à 3°C à -5°C comme c'est écrit mais moi je pense que c'est 0°C,

Joanna : tu penses que c'est 0 degré parce que tu ...

H : oui

Joanna : comment ?

H : bah je sais pas

Joanna : juste tu le sais c'est ça ?

H : oui je crois que je le sais.

Joanna : c'est ce que tu crois, ok d'accord. Bon ça on le verra après, mais je vais déjà t'expliquer l'expérience que nous on a fait avec ma classe de CE1, d'accord ? Et ensuite on je te je te donnerai la bonne réponse. Donc on a utilisé un mini frigo tu vois ici. Un mini frigo c'est un, on a fait un, on a mis... ça c'est un pot dans lequel on a mis de un mélange très froid ok ? Vraiment très très froid. Et dedans on a plongé un tube, dans ce tube-là, il y avait de l'eau liquide et on a plongé dedans et à force de d'être plongé dans un endroit très très froid, elle a solidifié, d'accord ? Elle devenue solide. Et à chaque fois on mesurait la température à partir de laquelle elle devenait solide. C'est bon ? Et donc regarde, il y a plusieurs groupes qui ont mené l'expérience le premier groupe il a trouvé que l'eau gèle à -2°C, le 2e à 0, le 3e à 3, le 4e à 1°C et le groupe E à -5°C. A partir de ce tableau-là, est-ce que toi tu peux me dire quelle est la température à partir de laquelle l'eau gèle ? Comment tu ferais à partir de ce tableau-là ?

H : bah je pense que -5°C bah l'eau elle gèle, elle gèlera mais c'est.... Le plus précis je pense que c'est 0 °C.

Joanna : comment tu pourrais expliquer certains ont trouvé 3°C ou -5°C ?

H : Ben l'eau elle était à la même température ou pas ?

Joanna : au départ ?

H : oui

Joanna : oui c'était la même bouteille.

H : eh ben, nan j'arrive pas à expliquer.

Joanna : ok, d'accord. Est-ce qu'il y a un moyen d'être sûr du résultat ? Qu'est-ce que toi t'aurais fait pour être sûr ou pas ? Parce que tu me dis c'est 0 degré, mais moi je te dis « prouve-le moi »

H : c'est pas...

Joanna : on a presque fini hein, il nous reste 2-3 min mais j'aimerais qu'on réponde à ça. Si moi je te ou même si eux tu leur dis « mais non c'est 0 », mais ils vont te dire « bah non j'ai obtenu -5 moi » Comment tu leur comment tu leur expliques que c'est pas « juste » ce qu'ils ont qu'ils ont obtenu ?

H : Ben peut être la température était trop basse enfin non mais à - 5°C, elle gèle mais c'est pas le premier truc oui le premier degré où elle gèle.

Joanna : oui ok c'est-à-dire qu'elle pourrait geler à 0 aussi

H : oui

Joanna : mais par contre pas à 3 ?

H dit non de la tête

Joanna : ok, donc ce que tu dis c'est que peut-être que eux ils ont.. c'est devenu trop froid à l'intérieur mais que ça aurait pu être plus haut, c'est ça ?

H : oui c'est ça

Joanna : d'accord ok et comment on pourrait faire pour connaître la valeur exacte du résultat ?

H : Ben euh je sais pas

Joanna : qu'est-ce que tu pourrais faire ?

H : on pourrait...

Joanna : tu me dis c'est 0°C mais comment tu pourrais vérifier ? Il y a plusieurs manières de vérifier.

H : hmm

Joanna : tu vois pas ?

H : non

Joanna : c'est pas grave du tout et la dernière question que j'ai pour toi c'est : est-ce que tu penses que ça serait vrai pour d'autres liquides aussi ? Parce que effectivement la vraie réponse scientifique c'est 0°C mais est-ce que toi tu penses que ce serait vrai pour d'autres liquides aussi par exemple ? ou le sirop ce que ce serait aussi 0°C ?

H : non je pense pas

Joanna : pourquoi ?

H : parce que c'est plus l'eau c'est beaucoup plus liquide et le sirop c'est plus euh C'est plus épais.

Joanna : ok on arrive au bout, est-ce que t'as des commentaires à faire sur notre discussion ? Est-ce que ça t'a plu ou pas ? Est-ce que tu t'es senti comment ?

H : oui bien.

Joanna : Est-ce que tu veux ajouter quelque chose sur une des 2 situations ?

H : non

Joanna : alors je te remercie beaucoup et je te laisse y aller parce que ça a sonné.

Annexe C: Catégorisation des réponses des enfants

Situation 1: Conscience des incertitudes, valence associée et rôle des incertitudes en sciences

Catégorie	Citations issues des entretiens	CE1 (7 ans, n=4)	CM2 (10 ans, n=4)
<p>Conscience des incertitudes L'élève conscientise et verbalise une différence entre les deux affirmations des scientifiques.</p>	<p><u>Élève A:</u> A: ils disent pas la même chose. [...] c'est que le jaune, il sait pas trop, il hésite, ils en ont compté 104 mais il pense plutôt qu'il y en a 100 ou 110</p> <p><u>Elève B:</u> B: c'est différent parce que lui, il met plus de chiffres</p> <p><u>Elève C :</u> C: le jaune il dit, la différence c'est que le jaune il dit "on a on a compté environ 104, à peu près 104 moineaux entre 8h et 12h alors que l'autre il dit que on a compté 104 moineaux dans le parc. [...] parce que il il a vu presque 104 alors par exemple 103 alors</p> <p><u>Élève D:</u> D: le jaune et ils se sont pas trop écouté, ça veut dire que du coup, ils disent pas la même chose sur les fiches alors et du coup bah ils sont un peu perdus dans les nombres qu'ils avaient. D : bah en fait il est pas sûr, lui. Joanna : Ah pourquoi il est pas sûr ? Qu'est-ce qu'il dit ? Comment tu sais qu'il n'est pas sûr ? D : « ce matin nous avons compté à peu près », c'est à peu près ,« 104 moineaux entre 8h et midi. Je dirais qu'il y en a entre 100 et 110 moineaux dans le parc »</p> <p><u>Elève E:</u></p>		

	<p>E: le bleu il est sûr qu'il y en a 104 et le jaune il est pas sûr. Il dit qu'il en a entre 100 et 110</p> <p><u>Elève F:</u> Joanna : d'accord, et est-ce qu'il y a une différence entre la réponse des 2 des 2 scientifiques, entre le bleu et le jaune ? F : oui Joanna : d'accord et c'est quoi la différence ? F : en fait le bleu il est, disons qu'il est persuadé, qu'il y a que tous les, qu'ils ont vu tous les moineaux qu'il y a dans le parc et qui qui en a pas d'autres alors que le scientifique jaune, il se dit il y en a peut-être d'autres donc je dirais entre 100 et 110 moineaux</p> <p><u>Elève G:</u> G: Non, ils ont dit les mêmes choses, c'est qu'ils ont dit qu'ils étaient là de 8h jusqu'à midi et que bah qu'ils ont vu 104 moineaux dans le parc mais le il y en a un qui dit que y a 104 moineaux qui vivent dans le parc et que y a et l'autre il dit que y en a entre 100 et 110</p> <p><u>Elève H:</u> H: Ben, ils veulent savoir combien il y a de monde dans le parc. Donc celui-là il dit à un nombre très précis et celui-là il dit un nombre approximatif.</p>			
<p>Choix du scientifique L'élève choisit l'information sans ou avec incertitude</p>	<p>L'élève préfère l'information communiquée sans incertitude (scientifique 1, le bleu)</p>	<p>B : le bleu Joanna : pourquoi est-ce que tu préfères le bleu ? B : parce que je pense que c'est vrai</p>	1/4	0/4
	<p>L'élève préfère l'information communiquée avec incertitude (scientifique 2, le jaune)</p>	<p>A: je retiendrais plutôt les numéros 104, 110 et 100 Joanna : tu retiens tout toi ? A: oui pour pour évaluer vraiment parce que y en a qui ont pu ne pas sortir</p> <p>C : le jaune Joanna : pourquoi ? C : parce qu'il faut toujours être sûr de nous.</p>	3/4	4/4

		<p>Joanna : parce que tu penses que lui il est plus sûr que le bleu ? C : oui Joanna : pourquoi est-ce qu'il est plus sûr ? C : parce que lui il a peut-être compté le bon nombre d'oiseaux et que son frère il a il en a compté un de plus. Il a dit 3 chiffres, mais du coup on peut pas savoir combien il y a de moineaux dans le parc parce que du coup il a dit 3 chiffres. Je sais pas</p> <p>D : le jaune Joanna : pourquoi ? D : parce que lui il y a plus de ... ben on est à peu près sûr parce que il dit pas un nombre <u>un</u> nombre, un nombre euh alors par exemple Joanna : précis ? D : un nombre précis voilà, il dit euh entre disons 100 et en 110</p> <p>E : Le scientifique jaune parce que le bleu il dit qu'il y en a 104, il est sûr qu'il en a 104. Il est pas sûr qu'il en a un peu moins, pas sûr qu'il y en a un peu plus mais le jaune, il y a une proposition entre 0 et 10. Du coup ça peut être 123456789 10 Joanna : tu veux dire entre 100 et 110 donc ça peut être 101 102 103 E : oui Joanna : et donc toi tu préfères croire la personne qui te dit bah il y en a peut-être 100 101 102 E : oui Joanna : et pourquoi ? pourtant lui, il a l'air moins sûr ? E : parce qu'il y a plus de chances qu'il ait juste lui que le bleu.</p> <p>F : plutôt le jaune Joanna : pourquoi ? F : parce que ben c'est ben parce que le parc doit être grand et donc on a peut-être pas vu tous les oiseaux</p>		
--	--	---	--	--

		<p>G: moi je dirais plutôt le jaune parce qu'on sait pas exactement si il y a, on n'est pas sûr qu'il y a 104 moineaux dans le parc mais on sait que il y en a au moins 100 et on sait pas s'il y en a plus ou s'il y en a moins que 100 ou si c'était juste les 4 autres, c'était juste ceux qui vient de quelque part d'autre.</p> <p>H: plutôt la jaune parce que celle-là, elle est hyper précise, elle est plutôt pas si compliquée mais elle est trop enfin elle est trop centrée sur le même nombre.</p>		
<p>Type d'incertitude mobilisée pour expliquer l'affirmation du scientifique jaune L'élève peut trouver une explication relevant d'une source d'incertitude pour expliquer la communication du résultat avec incertitude</p>	<p>Incertitude sur l'expérimentateur L'expérimentateur a fait une erreur lorsqu'il a compté les moineaux.</p>	<p>A: peut-être que celui- là il y en a vu plus que l'autre</p> <p>B: oui mais peut-être que y en a un qui regarde plutôt loin par rapport à l'autre</p> <p>C : peut-être que le scientifique bleu il en a pas compté, il en a compté plus. Peut-être que le jaune il en a compté, qu'il en a oublié un de moins [...] peut-être qu'il a compté un autre oiseau.</p> <p>D: bah peut-être que y en a un qui est passé vite et que lui il l'a vu et pas lui parce que en vrai peut-être qu'il n'est pas sûr et qu'il a un peut-être mal compté</p> <p>E: parce que le bleu il a peut être mieux vu que le jaune il y a des moineaux qui sont arrivés. Le bleu il les a vus et le jaune il les a pas vus</p> <p>H: bah que qu'ils en ont en trop ou en plus.</p>	4/4	2/4
	<p>Incertitude sur la tendance des données Le nombre d'observations est insuffisant.</p>	<p>B: ben en fait des fois dans le parc il y a des moineaux mais qui n'étaient pas là avant. Ils étaient dans d'autres parcs et ils sont venus dans ce parc. Donc peut-être que quand les scientifiques sont partis, bien il y en a eu encore plus</p> <p>Joanna : donc est-ce que finalement on peut être sûr qu'il y en a 104 ?</p> <p>B: non</p> <p>Joanna : qu'est-ce qu'il faudrait faire à ton avis ?</p> <p>B : il faudrait venir tous les jours</p> <p>Joanna : et les recompter à chaque fois ?</p> <p>B : oui</p>	1/4	0/4

	<p>Incertitude sur la tendance des données due à la procédure expérimentale On peut compter 2 fois le même moineaux, certains peuvent se cacher ou partir, d'autres peuvent arriver.</p>	<p>A: parce que souvent si c'est un grand parc il peut y en avoir plus qu'ils en ont vu il y en a qui peuvent se cacher</p> <p>B: parce que peut-être qu'il y a 2 endroits mais il y a des moineaux où y en a pas beaucoup et un où il y en a beaucoup plus</p> <p>D: il y en a qui sont dans les arbres cachés</p> <p>D: ben non parce qu'après il peut y en avoir qui naissent et qui meurent. il y en a qui arrivent pour les migrations</p> <p>F: Ben parce que le parc doit être grand et on donc on a peut-être pas vu tous les oiseaux du parc</p> <p>F: peut-être parce qu'il a d'autres moineaux qu'ils n'ont pas vu, fin ils n'ont pas compté</p> <p>G: soit j'étais pas là le matin quand il y en avait quelques-uns qui sont venus ou j'ai parti juste après que il y avait d'autres oiseaux qui sont venus,</p> <p>H: parce que peut-être qu'il y a des moineaux qui ne sont pas passés ou bien ils peuvent pas être sûrs que il y a en a 104.</p>	3/4	3/4
	<p>Autres justifications</p>	<p>A: peut-être parce qu'ils [les deux scientifiques] ne pensent pas la même chose</p> <p>E: parce que sur l'image il est plus loin</p>	1/4	1/4
<p>Conceptions sur le fonctionnement de la science et du rôle des incertitudes en général L'élève verbalise sa tolérance ou non des incertitude dans une information scientifique.</p>		<p>A: Plutôt comme le jaune parce que on peut jamais trop savoir. ils ont le droit de le dire car c'est compliqué de découvrir les secrets de la Terre ils ont dû réfléchir pendant longtemps et je sais pas ils se posent encore des questions là-dessus. Ils ont le droit de se tromper ou de dire peut-être.</p> <p>B : ben des réponses comme le jaune.</p>		

	<p>Joanna : pourquoi ?</p> <p>B : ben parce que c'est .. je sais pas moi je pense que c'est le jaune</p> <p>Joanna : Mais pourquoi est-ce que toi tu préfères croire le bleu?</p> <p>B : Parce que je pense que c'est une réponse vraie</p> <p>Joanna : ok mais du coup en sciences on donne plutôt des réponses qui sont pas vraies comme le jaune ?</p> <p>B : Des fois, des fois ils se trompent.</p> <p>C: parce que la science, c'est quand même très difficile donc on peut pas toujours être très très sûr. parce que c'est difficile et que ça prend du temps parfois à comprendre que c'est ça</p> <p>D : il montre le scientifique jaune</p> <p>Joanna : comme lui ? et donc c'est pour toi un scientifique, il a le droit de dire à peu près, il a le droit de ne pas être sûr ?</p> <p>D hoche la tête</p> <p>Joanna : à quelles autres raisons tu pourrais penser ? pourquoi est-ce qu'il pourrait ne pas être sûr ?</p> <p>D : ben peut-être qu'il a peut-être pas tout compté</p> <p>Joanna : d'accord et c'est ok pour toi qu'un scientifique dise à peu près ? c'est, c'est il a le droit ?</p> <p>E : oui, non pas trop, pas trop un scientifique, il a pas trop le droit de dire qu'il y a entre, il doit être sûr mais je crois plutôt lui (le scientifique jaune). Je pense que il vaut mieux qu'on dit ça (jaune) que ça (bleu).</p> <p>Joanna : d'accord mais est-ce qu'un scientifique il a le droit de ne pas être sûr de lui ?</p> <p>E : oui</p> <p>F : parce que y a beaucoup de choses que l'on connait pas donc quand on est pas sûrs... tout ce qu'on sait c'est c'est peut-être pas forcément juste, donc il faut approximer</p> <p>Joanna : oui c'est ça le mot, il faut approximer à peu près le le résultat. Et est-ce que c'est ok enfin est ce que un scientifique il a le droit de dire à peu près ou de ne pas être sûr quand il donne un résultat selon toi ?</p>		
--	---	--	--

	<p>F : oui parce que oui parce que oui mais parce que on est pas sûr de tout avoir juste. Donc si on se trompe. C'est vrai que si dans de grands projets on se trompe ben c'est un peu grave mais euh... je pense qu'on a le droit de se tromper.</p> <p>G: ça dépend parce qu'il y a des choses en sciences qui sont complètement vraies et on le sait. Mais y en a que on n'est pas sûr donc moi je dirais plutôt le jaune.</p> <p>H : plutôt comme le jaune ?</p> <p>Joanna : pourquoi ?</p> <p>H : bah parce que pour pas se trom... c'est pour ne pas pour ne pas exactement se tromper parce que 104 c'est euh... je répète la même chose heu c'est ...</p> <p>Joanna : quand tu me dis pour ne pas se tromper, c'est-à-dire ?</p> <p>H : bah c'est par exemple comme si on disait qu'il y a 8 milliards et 999 hommes sur la Terre et ben je sais pas, c'est extrêmement précis peut-être que y aura des naissances, des morts et des</p>		
--	---	--	--

Situation 2: confrontation aux incertitudes dans le contexte de résultat d'une expérience

Catégorie		Citations issues des entretiens	CE1 (7 ans, n=4)	CM2 (10 ans, n=4)
Conscience des incertitudes Réponse à la question: Es-tu sûr.e de ton résultat ? OU Quel serait le résultat à partir du tableau de données ?	Verbalise une forme d'incertitude	Joanna : d'accord, et est-ce que tu penses que du coup on peut dire que l'eau elle gèle à -9 degrés ? B : oui, des fois C : je sais pas trop , je dirais que il faudrait quand même aller un tout petit peu plus froid mais quand même pas trop.	1/4	0/4
	Se réfère à une norme/ un résultat connu/une connaissance	A: bah comme tu nous avais dit la réponse scientifique c'était à 0 ou à -1 je ne me souviens plus C : moi je dirais -5°C parce que quand même 3 c'est sûr c'est quand même un peu trop [...] Joanna: Mais comment tu leur expliques que cette valeur-là elle est " <i>pas très juste</i> " et que c'est 0 degré qui est " <i>juste</i> " ? C : Je leur dit "vous vous êtes trompés". Joanna : mais ils vont te demander pourquoi alors ? C : parce que c'est trop froid D : En vrai je me suis trompé alors c'était euh 0 degré E: euh j'ai 2 réponses qui pensent que ce je pense que c'est les bonnes, je sais pas laquelle choisir : c'est 0 °C et - 2°C. E : parce que 0°C je sais plus c'est la température où il fait froid quand même il fait très froid, mais je suis j'arrive pas à savoir si c'est assez froid pour que l'eau gèle. parce que -5 c'est trop froid, pour moi c'est trop froid. F : euh qu'ils sont proches de 0.	3/4	3/4

		<p>Joanna : et c'est quoi 0 degrés tu sais ? F : euh c'est la température je crois où l'eau gèle.</p> <p>G : moi je dirais soit ça commencerait plutôt vers 0°C ou quelque chose comme ça et après ça devrait ben normalement geler quand ça va vers moins de degrés Joanna : ok et comment et comment tu, pourquoi tu as choisi 0 et pas 3°C ? G : parce que 3°C je trouve que ça serait un petit peu trop trop haut pour que ça gèle. J'ai j'ai essayé une fois chez moi j'ai pris en été j'ai pris l'eau, j'ai mis l'eau le plus froid possible et il était à environ 4 et 3°C, entre le deux donc je me suis dit, elle, elle est pas gelée. Joanna : donc en fait tu sais, tu sais que c'est 0, c'est ça ? G : environ oui.</p>		
<p>Type d'incertitude mobilisée L'élève peut trouver une explication relevant d'une source d'incertitude pour expliquer les différences de résultats</p>	<p>Incertitude liée aux données due à l'expérimentateur</p>	<p>C : peut-être que ils ont mis plus de glace dans leur frigo, leur mini-frigo. D : ben, j'avais on avait mal regardé l'eau qui gelait. Et bah ça peut être aussi comme moi on a on a mal regardé au on a regardé au mauvais moment. D : peut-être qu'ils ont mal vu parce que les graduations là sur le thermomètre, elles sont toutes petites et peut-être ils ont pas vu la ils ont pas vu la vraie euh.. par exemple si c'était si c'était à 0 degré et que là il voyait c'était un tout petit peu plus donc à 2°C. E : bah peut-être que ils ont attendu trop longtemps et après ils ont mis le thermomètre dedans mais c'est et c'était froid c'est froid.</p>	2/4	1/4
	<p>Incertitude liée aux données due à l'instrument de mesure</p>	<p>D : Par exemple, il y avait un groupe qui avait un thermomètre un peu cassé. G : parce que peut-être le thermo ça, ça là il était pas bien réglé ou parce que c'était plus froid ou plus chaud que l'autre fin je sais pas</p>	1/4	1/4

	<p>Incertitude sur la tendance des données due au protocole Il y a des failles dans le protocole utilisé.</p>	<p>A : je sais pas peut-être que y en a qui avaient plus de glaçons que d'autres ou d'ingrédients froids que d'autres du coup ben ça gelé plus facilement. Ou il y en avait qui avait plus d'eau du coup ça prenait plus longtemps à geler il y en a qui avaient moins d'eau ou...</p> <p>A : je sais pas aussi peut-être qu'il y en a avait qui tenaient tellement fort comme ça que ça chauffait un petit peu le bol enfin le récipient du coup ben ça ça chauffait aussi un petit peu le thermomètre du pouvoir ça faire des montées</p> <p>C : on devrait refaire l'expérience et essayer d'être vraiment bien précis sur l'expérience.</p>	2/4	0/4
	<p>Autres justifications pour expliquer les différences de résultats Confusion avec d'autres grandeurs Température initiale de l'eau, de l'air Durée de l'expérience</p>	<p>B : ben parce qu'il fait chaud dans la salle et des fois la glace elle peut fondre. Joanna : Mais alors elle aurait fondu chez tout le monde pareil. B : oui mais peut être que qu'au-dessus de la lumière elle fait plus chaude il y avait quelqu'un au-dessus avec la avec le tube avec la glace et ça a fondu</p> <p>B : ben parce que je pense qu'on ne l'avait pas mis en même temps. Joanna : qu'est ce que tu n'avais pas mis en même temps ? B : ben le petit euh le thermomètre avec le tube donc peut-être que pour eux ça a gelé comme ça parce qu'ils l'ont mis avant nous.</p> <p>F: peut-être que l'eau qui était dans le tube elle avait la même pas la même température peut être donc elle gèlera un peu plus</p> <p>H : Ben l'eau elle était à la même température ou pas ?</p>	1/4	2/4
<p>Des suggestions pour réduire l'incertitude Comment rendre le résultat plus précis ?</p>		<p>C : on devrait refaire l'expérience et essayer d'être vraiment bien précis sur l'expérience.</p> <p>F : déjà la même température parce que y avait peut-être des choses qui avaient pas et aussi F : et bien regarder pile au moment où l'eau gèle.</p> <p>G : de le faire nous même. Joanna : et si maintenant je le refais et j'obtiens 2°C. Tu vas me dire quoi ?</p>	1/4	2/4

		G : est-ce que l'eau elle était complètement gelée, ou un tout petit peu ou juste un tout tout petit peu ?		
<p>Possibilité de connaître le résultat théorique L'élève suggère une manière de connaître le résultat consensuel / théorique</p>		<p>A: Ben je sais pas t'aurais pu faire cette expérience et attendre vraiment ou lever ou je sais pas ou demander à des scientifiques</p> <p>D : ben en refaisant l'expérience.</p> <p>D : ben parce que par exemple t'as cherché sur un dictionnaire ou un ou euh et c'était d'autres scientifiques qui avaient trouvé .</p> <p>E : peut-être en cherchant sur internet ou parce que y a des scientifiques qui ont qui ont cherché très très bien.</p> <p>Joanna : et alors qu'est ce qu'ils ont fait de mieux que nous là ? Tu dis ils ont cherché très très bien</p> <p>E : ben ils ont fait ça avec des appareils améliorés qui par exemple dès que c'est froid ils font bip et du coup ça permet de savoir aux scientifiques à quelle heure euh à quelle à quelle température il fait froid.</p> <p>Joanna: Est-ce que tu penses qu'il y a moyen de le connaître ?</p> <p>G : l'internet</p> <p>H : Ben l'eau elle était à la même température ou pas ?</p>	2/4	3/4
<p>Incertitude quant à la généralisabilité des résultats La température de solidification du sirop est-elle la même que celle de l'eau ?</p>	<p>Incertitude car pas d'expérience à l'appui</p>	D : Je ne sais pas car on n'a pas fait l'expérience.	1/4	0/4
	<p>Incertitude car il y a une différence chimique</p>	<p>A : Ben ça pourrait marcher oui</p> <p>Joanna : tu penses que oui ?</p> <p>A : Oui et par contre pour l'huile je sais pas</p> <p>Joanna : pourquoi ce sera différent pour l'huile ?</p> <p>A : parce que l'huile c'est pas exactement pareil que l'eau c'est gras l'huile</p>	2/4	4/4

		<p>C: ah non, comme c'est pas de la même la même chose dans le liquide bah du coup ça va pas geler à la même température</p> <p>E : bah non parce que c'est pas de l'eau le sirop. Le sirop c'est par exemple ça dépend des fruits parce que le sirop c'est ça dépend s'il est chimique ou si il est pas chimique.</p> <p>F : moi je dirais non mais parce que le sirop y a de l'eau dedans je crois</p> <p>G : oui je crois parce que c'est toujours euh, je ne sais pas en fait, aah bonne question ! Si c'est toujours liquide mais comme c'est plus épais que l'eau ben je sais pas si ça prendrait plus de temps ou moins de temps.</p> <p>H : parce que c'est plus l'eau c'est beaucoup plus liquide et le sirop c'est plus euh C'est plus épais.</p>		
	Autres réponses basées sur des connaissances	<p>B : non parce que le sirop des fois c'est chaud bien le sirop je pense que ça gèle à -1 degrés.</p>	1/4	0/4