UNE EXPERIMENTATION PORTANT SUR DES ESTIMATIONS DE QUANTITES ET GRANDEURS

Isabelle Dubois et Florence Soriano-Gafiuk

Institut Elie Cartan de Lorraine, Université de Lorraine

Résumé. Cet article présente une expérimentation menée auprès d'élèves de 9 à 10 ans. Trois activités les invitent à estimer combien de girafes, de gazelles et d'hirondelles pourraient tenir dans la classe, en respectant de manière subjective un certain confort aux animaux. L'objectif est de rendre compte des réussites et difficultés d'élèves confrontés pour la première fois à ce type de situations.

Mots clés : estimation, Fermi, argumentation.

INTRODUCTION

Dans Loretan et al. (2018) portant sur le raisonnement semi-quantitatif en sciences, les auteurs soulignent l'importance de développer chez les élèves le sens des ordres de grandeur. Ils précisent que les activités d'estimation – clairement inscrites dans le Plan d'études romand 2024 – favorisent le lien entre mathématiques et sciences, un lien « si fondamental qu'il est essentiel de le développer le plus vite possible afin de le rendre intuitif » (*Ibid.*, p. 15). Quantifier le *monde propre à la vie*[1] est une compétence mobilisée régulièrement, chacun étant amené, souvent sans en être conscient, à faire des estimations. Pourtant, l'estimation reste « un des domaines de compétences les plus négligés dans les programmes de mathématiques » (Loretan et al., 2018, p. 19). Son enseignement est jugé « souvent superficiel et donc insuffisant pour construire des compétences appréciables » (*Ibid.*), et les élèves comme « de pauvres estimateurs » (*Ibid.*). En France, bien que les programmes en vigueur depuis 2002 valorisent cette pratique, Sirieix (2023) conclut que les élèves sont peu familiers avec l'estimation de grandeurs, qu'ils possèdent une culture arithmétique faible et que les manuels scolaires offrent peu d'activités en lien avec l'estimation. L'année suivante, deux séries de problèmes (qualitatifs et quantitatifs) ont été publiées (Soriano-Gafiuk, 2024a ; 2024b), portant sur les grandeurs et les quantités, avec des propositions d'application, mais sans expérimentation en classe. Les pages suivantes visent à combler ce manque en identifiant des points de vigilance pour la mise en œuvre de tâches d'estimation dans un contexte de première découverte. Étant donné que ces tâches mobilisent des compétences spécifiques (mesures de référence, comparaisons mentales, argumentation, ajustement du degré de précision), une attention particulière sera portée à ces aspects.

ESTIMATION ET PROBLÈMES DE FERMI

Cette section est fortement inspirée des éléments présentés plus en détails dans Soriano-Gafiuk (2024a, 2024b).

L'estimation d'une collection[2] ou d'une grandeur est faite sans recourir à des instruments de comptage ou mesurage, mais en s'appuyant sur le rappel en mémoire de valeurs de référence (dans des systèmes d'unités standards) et sur la perception (souvent visuelle), afin de pouvoir opérer des comparaisons mentales.

[1] *Le monde propre à la vie* est un concept philosophique qui oppose « le monde tel qu'il se donne » et le « monde exact construit par les sciences modernes de la nature » (Farges, 2006, p. 192).

[2] Il s'agit en général de collections partiellement cachées.

Une estimation quantitative se présente comme une valeur numérique. Lorsqu'elle concerne une longueur, elle peut aussi être obtenue par report d'unités non standards (par exemple, fournies par les parties du corps), soit des étalons saisis dans le système métrique décimal via des estimations quantitatives. Ces reports sont opérés mentalement mais peuvent aussi l'être, surtout en début d'apprentissage, par le geste (comme matérialisation de la tâche mentale). Dans tous les cas, une estimation quantitative est moins précise que les valeurs recueillies à l'aide d'instruments et se présente davantage comme une valeur numérique « qui utilise des nombres les plus simples possibles » (Sirieix, 2023, p. 87). Il s'agit donc d'un ordre de grandeur dont la précision dépend du contexte.

Une estimation qualitative d'une collection ou d'une grandeur consiste à élaborer une comparaison mentale qualitative avec une autre quantité ou grandeur de même nature. Elle prend la forme de formules du type : aussi/plus/moins nombreux, aussi/plus/moins grand... Au besoin, le geste peut venir en appui (comme matérialisation de la tâche mentale).

Enfin, un problème de Fermi[3] est un problème d'estimation dont l'énoncé n'apporte aucune donnée numérique. Au niveau de l'école élémentaire, son traitement est pensé comme une tâche courante du *monde propre à la vie*. Il doit être rapide et ne s'appuyer que sur des calculs élémentaires (réalisables mentalement). Le recours aux instruments, les recherches sur internet et l'audition d'experts ne sont pas autorisés. La modélisation peut l'être, surtout en début d'apprentissage, lorsque les élèves peinent encore à intérioriser des images mentales.

DESCRIPTION SUCCINCTE DE L'EXPÉRIENCE

Présentation de la classe

L'expérimentation a été menée par les deux auteures dans une école primaire française, auprès de 23 élèves de 9-10 ans. Audrey Cruciani, professeure de la classe, décrit ses élèves comme étant très enthousiastes, mais ayant un niveau hétérogène. L'animation s'est déroulée pendant trois heures. Une partie des élèves avait participé, en mai 2024, à une expérimentation sur le mesurage d'objets et de la salle avec des unités non-standards comme l'empan et standards comme le mètre. Les situations étudiées ici semblaient sans lien avec ces activités. Elles révèleront pourtant le contraire.

Le problème contextualisé et ses modalités de traitement

L'histoire suivante est racontée aux élèves en prenant appui sur un diaporama illustré.

L'école s'est transformée en vaisseau spatial, prêt à partir pour l'exo-planète AMI-42 ! Là-bas, les Aminox, une forme de vie intelligente, nous attendent avec impatience, ravis de nos premiers échanges. Les Aminox souhaitent accueillir et sauvegarder certaines espèces animales de la Terre. L'environnement de la planète AMI-42 étant idéal pour accueillir tout écosystème terrien, nous avons accepté. La salle de classe servira d'espace pour le transport d'une espèce animale, sachant que tout est prévu pour que les animaux voyagent dans de bonnes conditions. Les Aminox nous ont transmis des photos des animaux qu'ils souhaitent accueillir. Pourra-t-on les installer dans la salle de classe ? Et si oui, combien d'animaux peut-on installer ? On ne remplit la classe qu'avec une seule espèce animale, en prévoyant un espace suffisamment grand entre chaque animal afin de leur assurer un certain confort.

[3] Enrico Fermi (1901-1954) était un physicien italien, récipiendaire du Prix Nobel, qui avait l'habitude de soumettre de tels exercices à ses étudiants.

La question posée est un problème de Fermi. Elle est donc très ouverte, laissant même place à la subjectivité concernant les notions de « confort » et « d'installation ». Selon l'espèce (girafe, gazelle, hirondelle), les dispositions dans la salle et les grandeurs considérées varieront. Pour aider les élèves peu familiers à ce type d'activité, le geste sera autorisé comme appui aux comparaisons mentales, et des modélisations préparées en amont par les auteures sont prévues, transformant le problème initial en une question semi-ouverte.

Même s'il s'agit d'estimer des quantités, le traitement des trois cas exige d'opérer des comparaisons de grandeurs. Des vidéos ou encore des photographies prises au Muséum national d'Histoire Naturelle à Paris seront projetées. La séance s'appuiera ainsi sur des clichés d'Isabelle, l'une des auteures, debout à côté des animaux empaillés (les deux ongulés) et sur un film montrant une hirondelle – absente des collections exposées.

Le lancement de l'activité

En début de séance, les auteures saluent les élèves et se présentent comme Isabelle et Florence. Les premières consignes sont données : les instruments de mesure doivent être rangés, tout comme les calculatrices. Enfin, la coopération entre élèves étant souvent encouragée dans les tâches d'estimation (Soriano-Gafiuk, 2024a), leur professeure forme rapidement six groupes.

La girafe

Organisation de l'activité

Fig. 1 : A côté de la girafe

L'objectif de l'activité est de répondre à la question : *Une girafe rentre-t-elle dans notre salle du vaisseau spatial ?* Pour ce faire, la hauteur de la girafe devra être considérée comparativement à la hauteur du plafond de la salle.

Une vidéo sera d'abord projetée : elle montrera une girafe broutant la cime d'un arbre, et en fond d'écran une maison semblant moins haute que l'ongulé. À l'issue de la visualisation, l'image ci-contre (Fig. 1) sera affichée.

Les élèves rassemblés en petits groupes chercheront des arguments suffisamment convaincants pour persuader le reste de la classe de la plausibilité des réponses.

Si besoin, des précisions seront apportées sur un implicite de la question posée : une girafe doit pouvoir se tenir debout dans la salle.

DÉROULEMENT DE L'ACTIVITÉ

Sans chercher à justifier leurs propos, les élèves répondent spontanément par la négative. Il a donc été nécessaire de canaliser leur énergie pour les placer en situation de recherche d'arguments : « Utilisez ce que vous savez, souvenez-vous de la vidéo, regardez l'image projetée ». Au final, plusieurs groupes d'élèves ont assez vite réussi à élaborer un argumentaire, partant du principe que la girafe devait être installée sans être contrainte de plier son cou. Il s'agissait donc de comparer les hauteurs du plafond et de l'ongulé.

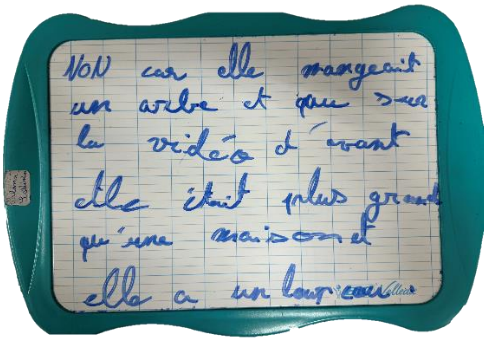

Fig. 2 : Argumentation d'un élève

Pour cette première production (Fig. 2), le groupe d'élèves s'est appuyé sur la vidéo. Il a mobilisé à la fois sa perception (la girafe semble plus grande que la maison) et son expérience de la vie (une maison n'entre pas dans une classe). Il a ainsi établi un argumentaire en deux chaînons, utilisant en quelque sorte une propriété de transitivité. L'argumentaire indique ensuite que la girafe a un long cou, mais cette précision n'apporte rien au raisonnement.

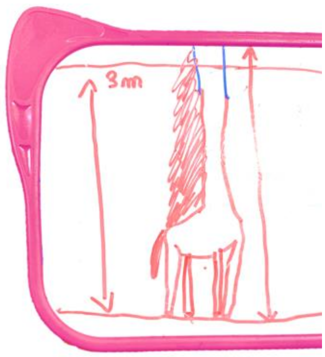

Fig. 3 : Réflexion par le dessin

Pour cette seconde production (Fig. 3), le groupe a choisi de représenter la situation à l'aide d'un dessin. La hauteur de 3 mètres a été reportée sur le schéma. Interrogés, les élèves ont répondu qu'ils avaient, l'an dernier, mesuré la hauteur du plafond et qu'ils se souvenaient du résultat. L'argumentaire ne peut cependant aboutir sans information sur la taille de la girafe.

Lors de la mise en commun, les élèves ont rapidement compris qu'ils devaient se référer au cliché représentant Isabelle à côté de la girafe (Fig. 1). Même si des hésitations ont été ressenties, certains estimant à vue d'œil ou par le geste[4] que la girafe était seulement deux fois plus grande qu'Isabelle, un consensus a finalement émergé autour de trois fois. Le problème était à présent d'estimer la taille d'Isabelle. L'élève E. expliqua qu'elle mesurait 1,43 m. Elle se plaça ensuite debout à côté d'Isabelle et fit un geste correspondant à un empan au-dessus de sa propre tête. La classe nota alors qu'il y avait un empan de différence entre les tailles des deux personnes, si bien qu'Isabelle devait mesurer environ 1,63 m, soit en arrondissant 1,60 m – ce qui correspond à la réalité. L'estimation de la taille de la girafe ne posa aucun problème : la hauteur de l'ongulé était à peu près 3x1,6 = 4,8 mètres. L'argumentaire était à présent complet : la girafe ne peut entrer dans la classe puisqu'elle mesure environ 4,8 mètres et que le plafond a une hauteur de 3 mètres. La différence entre 4,8 m et 3 m est assez grande pour que la réponse puisse être validée sans risque d'erreur.

Comme ce cas l'illustre, résoudre des problèmes d'estimation suppose de développer des compétences d'argumentation (Soriano-Gafiuk, 2024a). Pour cette raison, un focus sur cette question est proposé avant d'aborder le cas d'un autre animal.

À propos de la compétence *argumenter*

En Suisse romande, dans le domaine des *Mathématiques* et *des Sciences de la nature*, la pratique du débat basé, entre autres, sur l'élaboration d'argumentations est explicitement mentionnée dans le Plan d'études romand. En France, la compétence correspondante, parmi les six majeures de l'activité mathématique, n'est pas *argumenter*, mais *raisonner*. Or, si les deux nécessitent des énoncés-tiers, leurs objectifs diffèrent. « L'argumentation vise en effet à convaincre un public cible de la validité d'un propos en faisant appel à sa raison et en s'appuyant sur des énoncés qui ne peuvent être mis en doute. » (Soriano-Gafiuk, 2024a, p. 17). Elle est en effet un mode de raisonnement « intrinsèquement lié à l'utilisation de la langue naturelle » (Duval, 1992-1993, p. 59), spontanément mobilisé tant « dans des situations de discussion réelle » que « dans des situations d'interrogation ou de recherche » (*Ibid.*).

Lors du traitement d'un problème de Fermi, l'argumentation est au centre l'activité. Les élèves doivent en effet justifier leurs choix en termes de stratégies, d'hypothèses et d'éléments de comparaison.

La gazelle

Organisation de l'activité

L'objectif de l'activité est de répondre à la question : *Combien de gazelles peuvent-elles être installées confortablement dans la salle de classe ?* Pour ce faire, les trois grandeurs hauteur, largeur et longueur de la gazelle devront être considérées comparativement aux dimensions de la salle.

Trois temps seront prévus : argumentation sur la possibilité d'installer des gazelles dans la salle, recherche par groupes et choix collectif sur l'organisation pratique de cette installation, puis estimation de la quantité de gazelles accueillies.

[4] Le geste consiste à tenir les mains avec un écart correspondant à la hauteur d'Isabelle sur le cliché, et à reporter cet écart (donc deux fois) le long de la girafe. Un élève avait été envoyé au tableau pour réaliser cette manipulation.

Fig. 4 : À côté d'une gazelle

Pour commencer, une photographie sera projetée, figurant Isabelle à côté d'un tel animal (Fig. 4). Les élèves devront alors répondre à la question intermédiaire : *Une gazelle rentre-t-elle dans la salle du vaisseau spatial ?* La réponse est affirmative et simple à argumenter (en prenant appui sur des comparaisons), un échange collectif devrait rapidement y conduire. La hauteur sera alors écartée, ramenant ainsi le problème à une situation 2D. Une seconde photographie montrera des gazelles éparpillées dans la savane, et sera accompagnée de la nouvelle question : *Comment allez-vous placer les gazelles dans la salle ?* Un temps de recherche en groupes sera lancé, avec distribution du matériel en papier (trente rectangles figurant chacun une gazelle et une feuille A4 symbolisant la salle) dont les dimensions sont non proportionnelles aux dimensions réelles – la proportionnalité ramènerait l'activité à un simple comptage ou dénombrement (exact), et non à une situation d'estimation.

Les élèves devront imaginer une disposition permettant de faire entrer le plus de gazelles possibles tout en garantissant un confort individuel (notion subjective) – il s'agira donc d'effectuer une sorte de recouvrement partiel de la feuille A4. Chaque groupe présentera ensuite sa production et annoncera le nombre de gazelles collées sur le papier. Le pari est fait qu'émergeront des productions raisonnables et structurées, qui pourront être adaptées à la situation pseudo-réelle étudiée. Les productions seront collectivement critiquées afin d'aboutir à un choix d'organisation des gazelles dans la classe.

Fig. 5 : Longue d'une envergure

Enfin, après un temps de recherche en groupes, les élèves devront estimer le nombre de gazelles pouvant être placées dans la classe selon cette organisation. Une nouvelle diapositive sera projetée avec deux photographies : l'une pour estimer la longueur d'une gazelle (Fig. 5) et l'autre sa largeur (Fig. 4), à chaque fois comparativement à Isabelle. Les élèves seront ainsi amenés à estimer en prenant appui sur leurs propres corps. À cette fin, ils seront libres de se déplacer afin de comparer les dimensions 2D de la gazelle et de la salle de classe. Un bilan collectif terminera l'activité.

DÉROULEMENT DE L'ACTIVITÉ

Les élèves apportent très vite des réponses argumentées à la première question en s'appuyant sur des comparaisons mentales faites à partir des deux photographies. Il apparaît qu'une gazelle a à peu près la même taille qu'Isabelle (Fig. 4), et peut donc entrer, en hauteur, par la porte. Il en va de même pour la largeur (Fig. 4). Isabelle interroge ensuite la classe sur la longueur de l'animal, une dimension non abordée spontanément. Les élèves estiment alors que cette longueur est à peu près égale à l'envergure d'Isabelle.

La seconde phase est sans lien immédiat avec la première : elle porte sur le style de disposition des ongulés dans la salle, retenu pour la suite de l'activité. Il s'agit donc d'un problème 2D, les gazelles ne pouvant être entassées les unes sur les autres. Après un temps long de manipulation, les six groupes viennent présenter leurs productions – trois d'entre elles sont ci-dessous insérées.

Fig. 6 : Production orange

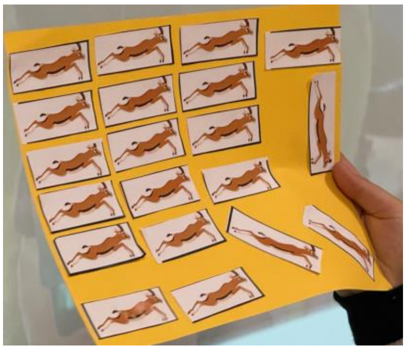

Fig. 7 : Production jaune

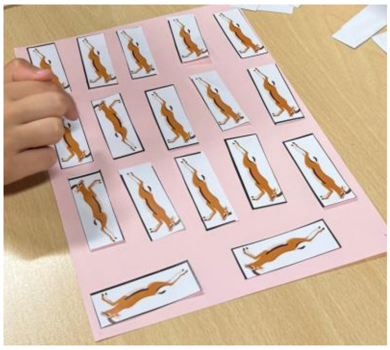

Fig. 8 : Production rose

Apportons quelques remarques. Premièrement, comme prévu, les élèves ont structuré l'espace : ils ont intuitivement compris qu'un aménagement en lignes et colonnes permettrait d'accueillir plus de bovidés. Deuxièmement, les effectifs varient de 17 à 30 gazelles collées, trois groupes en ayant placé entre 27 et 30, les trois autres entre 17 et 20. Troisièmement, la figure 7 appelle des commentaires : ce groupe a d'abord organisé les gazelles en rangées, puis, réalisant à mi-travail le manque d'espace pour leur confort, a collé les dernières gazelles de manière plus aléatoire. D'une manière générale, les groupes se sont trop précipités pour agir, sans prendre le temps de réfléchir à la meilleure stratégie.

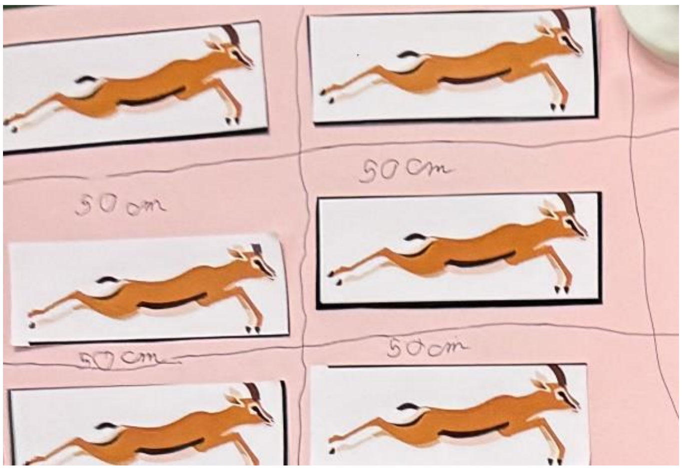

Fig. 9 : Quantification des espacements entre deux gazelles

Lors de la restitution, le choix pédagogique est fait de donner la parole en dernier au groupe dont la production semble la plus pertinente (Fig. 8). Collectivement, la classe s'accorde à dire que les gazelles sont trop serrées dans les autres cas. La production du dernier groupe est donc choisie et accrochée au tableau. La disposition est facile à reproduire en ne conservant que l'idée des alignements (sont laissées de côté les deux gazelles « bouche-trou »). Le groupe auteur de cette production (Fig. 8) a même représenté et quantifié un espacement entre deux gazelles (Fig. 9).

Par un vote, il est décidé d'aligner les gazelles les unes derrière les autres selon la largeur de la salle, mais aussi de laisser des espaces de confort entre les animaux, sans toutefois retenir à ce niveau de l'expérience une quantification précise des dits espaces. Les figures 4 et 5 sont de nouveau projetées et le dernier temps de recherche par groupes débute. Les élèves doivent déterminer combien de gazelles seront alignées sur une largeur de salle (en décidant quel espace prévoir entre un derrière et une tête), et combien de telles rangées peuvent être placées dans la longueur de la salle (en prévoyant un espace entre deux rangées). Assez vite, des élèves arpentent la salle, ne faisant pas tous les mêmes gestes. Certains comptent le nombre de pas dans le sens de la largeur ou de la longueur de la salle, sans relier ces actions aux informations disponibles. La décision est prise d'interrompre les recherches et d'inviter une élève à expliquer sa démarche, à savoir l'utilisation de son envergure comme étalon pour estimer le nombre de gazelles sur la largeur de la salle. Il est alors proposé que des élèves s'alignent bras tendus pour représenter une rangée d'ongulés, en veillant à laisser un espace suffisant entre eux. Cet espace est naturellement subjectif et relève de l'appréciation. Un consensus s'établit 4 gazelles seront installées dans une rangée. La procédure est ensuite accélérée. Un élève est invité à expliquer sa méthode pour estimer le nombre de rangées : il se sert de la largeur de son corps pour arpenter la longueur de la salle avec des pas chassés. Après une discussion collective sur la validité de la démarche, une nouvelle chaîne d'élèves est formée dans la longueur. La classe décide que le nombre de rangées sera de 10. Le calcul final du nombre de gazelles est alors établi : 10 rangées × 4 gazelles par rangée, soit 40. Arrondir le résultat était inutile, puisque le nombre final est « simple » et que les espaces fictifs entre les gazelles sont pertinents.

L'hirondelle

Organisation de l'activité

L'objectif de l'activité est de répondre à la question : *Combien d'hirondelles peuvent-elles être installées confortablement dans la salle de classe ?* Pour ce faire, devront être considérées la hauteur, la largeur et la longueur de l'oiseau de dimensions plus petites que celles des animaux précédents. De plus, s'agissant d'un volatile, le volume de la salle sera exploité. Le déroulé suivant est prévu : visionnage d'une vidéo, activité de recherche par groupes avec matériel et mise en commun, puis exploitation de la hauteur de la salle et décompte final du nombre d'hirondelles installées.

Pour débuter, une vidéo narrant l'adoption d'une hirondelle par un homme est projetée. Elle n'apporte aucune donnée numérique, mais a pour intérêt principal de montrer une hirondelle adulte posée sur l'épaule d'une personne, donc de rendre les trois dimensions du volatile accessibles aux comparaisons mentales. Même si les élèves ont sûrement une idée préconçue et correcte de ces dimensions, la vidéo apporte une référence commune à tous.

Fig. 10 : Installation des hirondelles (© Jean-Michel Fenerol (www.oiseaux.net))

Une photographie est ensuite projetée (Fig. 10), avec une question un peu différente des précédentes : *Combien d'hirondelles peuvent rentrer dans la classe du vaisseau spatial ? Vous installerez des rangées parallèles de fils tendus à l'horizontale et reliant un mur au mur opposé, ceci à différentes hauteurs du mur.* À noter qu'il ne sera pas demandé si un tel animal peut rentrer dans la salle, du fait de l'évidence de la réponse due à sa taille et le cas de la gazelle ayant déjà été traité. De plus, l'organisation de l'animal dans la salle sera ici imposée : les oiseaux seront tous perchés sur des fils, côte à côte, et de façon « confortable ».

La classe choisira alors si les fils seront fixés dans la largeur ou la longueur de la salle, et chaque groupe recevra un fil de dimension correspondante (obtenu en déroulant une bobine de fil d'un mur au mur opposé et en coupant à la bonne longueur).

Fig. 11 : Les élèves placent les hirondelles

Le travail commencera en 1D. Les élèves marqueront sur leurs fils les positionnements des hirondelles afin de les aider dans leur décompte (Fig. 11). Chaque groupe imaginera une procédure d'estimation qualitative de la largeur de l'espace vital d'une hirondelle comparativement aux dimensions du volatile. Il s'agira ensuite de reporter sur le fil, autant de fois que nécessaire, l'espace vital estimé. Cette opération permettra d'estimer le nombre d'oiseaux perchés sur un fil.

Le travail se poursuivra en 2D : les fils des six groupes seront posés par terre, deux à deux parallèles. L'hypothèse sera faite qu'ajouter un fil nuirait au confort des volatiles, ce qui permettra d'estimer le nombre total d'oiseaux posés au sol. La dernière étape sera en 3D. Les élèves reproduiront la même configuration sur plusieurs étages dont le nombre sera décidé collectivement. L'estimation du nombre total d'hirondelles installées s'achèvera par un dernier calcul.

DÉROULEMENT DE L'ACTIVITÉ

Les premières étapes se déroulent comme prévu et la classe choisit d'installer les fils dans la largeur de la salle. Les groupes se mettent rapidement en action une fois les fils distribués et on remarque plusieurs types de démarches mises en œuvre. Comme pour les gazelles, certains élèves se précipitent et ne se concertent pas assez sur la marche à suivre. Dans plusieurs groupes, les élèves se partagent la tâche en partant de chaque extrémité de leur fil ; l'intention est louable à condition de s'être mis d'accord sur la procédure, ce qui n'a pas toujours été le cas.

Fig. 12 : Avec une paire de ciseau

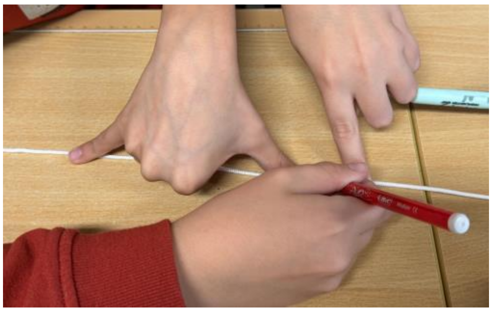

Fig. 13 : Avec l'empan

Deux procédés intéressants sont identifiés : sur la figure 12, les élèves estiment que la largeur de l'espace vital, comparativement à la largeur du volatile, correspond à un « écart de ciseau », et sur la figure 13, à un empan (unité découverte l'an passé par des élèves). Ces choix opérés, les fils sont balisés. Les autres groupes ont placé des traits sur leur fil « au jugé », en essayant d'être le plus régulier possible. Au bout d'un moment, la classe est recadrée en précisant que, même si une hirondelle est petite, il faut penser à ne pas la serrer avec une voisine – les écarts prévus par certains groupes étant vraiment très étroits. Il a donc été dit aux élèves que, si leur travail déjà bien avancé leur semblait rentrer dans cette catégorie, alors ils pourraient compter un emplacement sur deux dans leur décompte final.

Fig. 14 : Collecte des données

Un des groupes a été très méthodique pour le comptage des places prévues pour les hirondelles, une élève notant leur nombre au fur et à mesure sur une ardoise (Fig. 14). Une fois la tâche terminée, chaque groupe est venu installer son fil par terre dans la largeur (symbolisant son accroche d'un mur à l'autre) et annoncer le nombre d'oiseaux trouvé.

Les effectifs sont écrits au tableau, ils varient de 42 à 80. Une discussion critique s'engage, concluant que le groupe ayant trouvé 80 a une configuration trop dense et que les valeurs des autres groupes sont plus acceptables.

Fig. 15 : Au tableau

L'activité est toutefois poursuivie avec les effectifs obtenus, et les élèves sont invités à estimer le nombre total d'hirondelles sur les six ficelles. La plupart additionnent correctement et obtiennent 339 oiseaux (Fig. 15). Enfin, la classe décide collectivement de poser quatre étages de fils. Il suffit donc de multiplier l'effectif précédent par 4 ; les élèves trouvent, pour la plupart, 1356 hirondelles.

La séance s'achève par un questionnement collectif sur l'estimation du nombre d'hirondelles à retenir ; le consensus adopté est de 1350 oiseaux.

Conclusion

Cet article vise à mettre en lumière les réussites et difficultés rencontrées par une classe d'écoliers découvrant des problèmes de Fermi. D'abord, les élèves ont rapidement compris qu'il ne fallait pas énoncer de simples impressions, mais plutôt commencer par observer. Ils se sont en effet très vite lancés dans des comparaisons mentales, même si la précision de celles-ci était parfois défaillante et que le recours au geste se révélait nécessaire. Cette spontanéité à comparer les a conduits à élaborer assez facilement une argumentation. Ensuite, le traitement des activités s'est largement appuyé sur le corps avec lequel tous les enfants développent des expériences informelles. Ce réflexe naturel a d'ailleurs été observé puisque les élèves ont successivement utilisé l'empan, l'envergure et la largeur du bassin. Outre le corps, l'environnement de la classe offre de nombreux autres étalons (salle, mobilier et fournitures scolaires), perceptibles par la vue et le toucher. Ceci a aussi pu être observé, les élèves s'étant référés à la hauteur du plafond et à l'écart d'une paire de ciseaux. Dans le cas de la girafe, le rappel en mémoire de mesures de référence a été nécessaire. Celles-ci concernaient une nouvelle fois le corps et l'espace-classe. La mémorisation de quelques valeurs de référence semble donc suffire dès lors que les représentants de ces valeurs (par exemple, un empan est un représentant de 20 cm) ont été choisis selon leur probabilité de sollicitation. Enfin, pour garantir l'accessibilité didactique, le choix a été fait d'insérer des temps de manipulation, durant lesquels les élèves étaient libres de se déplacer et même de s'accroupir sous les tables afin d'étendre les fils d'un mur à l'autre. Cette mobilité des corps a été très appréciée. Au final, la difficulté principale a concerné le choix du degré de précision de l'estimation selon le contexte – une girafe, par exemple, ne se mesure pas au millimètre près. Plusieurs explications sont possibles : un manque de culture arithmétique lié à une pratique insuffisante ; un enthousiasme pour la manipulation et l'obtention d'un résultat quantifié, qui freinait une réflexion plus posée ; ou enfin, le contraste entre une phase d'apprentissage sollicitant le corps et le reste du temps où les tâches sont plus cognitives. En conclusion, les étayages prévus ont été suffisants et les élèves ont pu développer des compétences diverses : utiliser le corps de manière conscientisée, opérer de premières comparaisons mentales, organiser une recherche, mémoriser des valeurs de référence, recourir à des procédés d'estimation variés et argumenter. L'expérience s'est donc révélée concluante, y compris pour la professeure titulaire de la classe, désormais désireuse de renouveler de telles expériences.

BIBLIOGRAPHIE

Duval, R. (1993). Argumenter, démontrer, expliquer : continuité ou rupture cognitive ?. *Petit x, 31*, 37-61.

Farges, J. (2006). Monde de la vie et philosophie de la vie. *Husserl entre Eucken et Dilthey, Études Germaniques, 242* (2), 191-217. DOI 10.3917/eger.242.0191

Loretan, C., Weiss, L. & Mueller, A. (2018). Quelle est la place du raisonnement semi quantitatif (RSQ) dans l'enseignement des sciences. *Revue de Mathématiques pour l'école, 229*, 15-21.

Sirieix, P. (2023). Où en sont les élèves sur l'estimation de la mesure de longueurs ? *Grand N, 111*, 85-122.

Soriano-Gafiuk, F. (2024a). La consigne « Schätz mal! » dans les écoles allemandes lors de séances portant sur les grandeurs. *Grand N, 113,* 5-27.

Soriano-Gafiuk, F. (2024b). Estimation de quantités dans les écoles élémentaires allemandes. *IREM - Repères, 136 [numéro spécial « Nombres et opérations »]*, 31-52.