

COMMENT FAIRE (ENFIN) AIMER LES MATHS

Elles restent la bête noire des élèves. Même les meilleurs s'empressent de les oublier une fois devenus adultes. Pourquoi les maths sont-elles si rébarbatives ? Alors qu'elles dirigent le monde ! Les mathématiciens eux-mêmes remettent en cause l'enseignement de leur matière. Notre enquête.

PAR SORAYA GHALI

Si je vous dis racine carrée de 25 ? » interroge Gad Elmaleh. « Cinq ! », hurlent les spectateurs. « Ouais et alors ? Ça t'a déjà sorti d'une galère ce truc ? Tu t'es déjà dit en sortant d'une soirée : "Heureusement qu'on la connaissait cette racine, sinon on était dans la merde ?" » En écoutant l'humoriste français, on comprend bien que les maths ont longtemps été sa bête noire. A lui aussi. Les identités remarquables, le théorème de Pythagore, les inéquations, les polynômes... Ils sont nombreux à avoir éprouvé et à éprouver encore cette véritable phobie, la terreur à chaque nouvelle interro, les notes en dessous de 50 % qui deviennent une habitude. Le sketch d'Elmaleh, c'est une petite revanche pour tous ces « traumatisés » qui frémissent encore, quand leur progéniture peine, à son tour, sur Thalès : toutes ces choses qu'ils n'ont jamais utilisées dans la « vraie vie ».

Caricature ? A peine... D'un côté, nos mathématiciens de haut vol qui deviennent des sommités mondiales, nos Pierre Deligne, Jean Bourgain, Ingrid Daubechies, Jacques Tits... De l'autre, ceux qui coincent sur une fraction et n'ont aucun souvenir de leurs années de cours.

Les nombres peuplent nos vies et l'école devrait armer le citoyen pour les interpréter. Or, à la fin du primaire, les résultats au CEB sont les moins performants dans cette branche. Quant à la moyenne, elle était de 70,7 % en 2017, en baisse de façon continue (72,4 % en 2014). Parmi ceux qui échouent dans une seule matière, les deux tiers butent sur les maths. On peut retourner aussi loin, c'est toujours là que les élèves dérapent. A l'issue de la 2^e secondaire, dernière année où tous les élèves sont scolarisés ensemble, presque la moitié des élèves (46,7%) ne maîtrisent pas les compétences minimales. Le score moyen

s'élève, lui, à 50,4 % en 2016 et faiblit lui aussi (55,8 %, lors de la première édition, en 2013).

Les évaluations internationales, organisées par l'OCDE (Pisa), classent la Fédération Wallonie-Bruxelles à un rang très moyen : en 2015, elle pointait à la 25^e position, sur les 35 pays membres de l'OCDE, soit à 489 points, alors que la moyenne s'élève à 490. Un quart de nos élèves de 15 ans sont capables de manipuler des nombres entiers, des carrés simples. Mais s'ils doivent comparer la vitesse entre deux trajets, l'un de 4 kilomètres parcourus en 10 minutes, l'autre de 2 kilomètres parcourus en 5 minutes, ils sont incapables d'utiliser le principe de proportionnalité. Alors que l'on nous dit que notre école convient aux plus forts, entre les deux évaluations successives du niveau en mathématiques en 2003 et en 2015, le groupe des très bons a décliné de 6 %, passant de 16 % à 10 %.

Pourtant, à l'âge de 15 ans, ces élèves ont déjà suivi près de 1800 heures de cours de maths depuis leur entrée en primaire. Et quel stress pour arriver à ce résultat. Tremblements, maux de ventre, insomnies... L'OCDE a montré que les maths jouent un rôle central dans le mal-être des élèves belges. Près de deux tiers (dont 82 % des filles et 65 % des garçons) se déclarent « inquiets à l'idée d'avoir des mauvaises notes en mathématiques »,

contre 7 % des Finlandais, 28 % des Italiens et 30 % des Allemands. La beauté des nombres, même les bons élèves s'en moquent. Au cours des deux dernières années du secondaire général, les adolescents peuvent choisir entre 4 heures, 6 heures ou 6 heures + 2 heures (pour ceux qui se destinent aux sciences appliquées). De 30 à 40 % optent pour les maths fortes. Mais ceux-là, pourtant, ne choisissent pas une filière scientifique dans le supérieur. Et, devenus adultes, la plupart enterrent la discipline. →

**Les maths jouent
un rôle central
dans le mal-être
des élèves belges**

→ Omniprésentes

« C'est la seule discipline où les gens, mêmes très cultivés, n'ont pas honte de dire qu'ils sont nuls. Certains en éprouvent même une fierté. Ça ne choque personne », se désole Thierry Libert, enseignant au département de mathématiques à la faculté des sciences de l'université libre de Bruxelles (ULB). « Mais qu'ils avouent une orthographe atroce ou n'avoir jamais lu du Zola, ça choque tout le monde. » Faut-il croire Mélanie Bertelson, professeur de mathématiques à l'ULB – dont l'itinéraire englobe les prestigieux campus de Stanford, en Californie, Max Planck Institut für Mathematik, à Bonn, et l'Institut des hautes études scientifiques (Ihes), à Paris –, lorsqu'elle rappelle que « tout se passe comme si les mathématiques n'existaient qu'à l'école » ? « Elles sont enseignées aujourd'hui comme un produit fini, comme si elles s'étaient arrêtées au ^{xvii}^e siècle. Or, les années 1950, entre autres, furent une période de grande nouveauté. C'est une matière scientifique vivante ! »

De fait, aujourd'hui plus qu'hier, nous avons sans cesse recours aux mathématiques, qui façonnent entièrement notre environnement. Sans elles, ni gps, ni téléphones portables, ni robots ni prothèses high-tech. Pas d'airbags, de systèmes d'imagerie médicale, d'opérations à cœur ouvert. Pas d'Internet non plus, pas de tweets, de réseaux sociaux... Sans elles, impossible encore d'anticiper les cyclones et les séismes, d'assurer le cryptage des données bancaires.

Alors il y a urgence à réinventer leur transmission aux générations futures. Enseigner d'autres mathématiques, ou enseigner autrement les mêmes théorèmes et chapitres en leur donnant du sens ? Faut-il que les maths forment de vrais scientifiques, avec des connaissances pointues et des capacités de raisonnement poussées, dans l'idée qu'ils poursuivront après le secondaire dans ce domaine ? Ou bien qu'elles apportent une culture scientifique générale aux élèves ? On en discute dans tous les pays, par exemple en France et aux Etats-Unis. L'Estonie vient même de confier la refonte complète de son enseignement des mathématiques au Britannique Conrad Wolfram. Ce presque inconnu, fondateur d'une société spécialisée dans les applications intelligentes, a convaincu Tallinn qu'il était « impératif que les étudiants se concentrent sur ce qui serait l'essence des mathématiques :

la modélisation, la résolution de problèmes, le traitement de données ou la conception de machines ». « A la place, on demande aux jeunes de faire des calculs complexes, même si cela ne sert à rien », déclare le quadragénaire lors de ses conférences à travers le monde. « Actuellement, 80 % du temps passé à enseigner les mathématiques est consacré à l'apprentissage du calcul et des manipulations algébriques, ce que les ordinateurs peuvent gérer facilement et rapidement. »

En Belgique également, certains ont déjà largement étudié la question. Et ce n'est pas la discipline qui est en cause, mais la manière dont on l'enseigne. Ainsi, le Centre de recherche sur l'enseignement des mathématiques (Crem) écrivait ces lignes... en 2004 en ouverture d'un rapport : « Très souvent, dans l'enseignement, l'accent est mis sur les processus opératoires, alors que ceux-ci constituent la phase la moins "humaine" de la résolution des problèmes. En effet, dans notre société moderne, c'est la partie dévolue aux machines. Presque toujours, on impose l'apprentissage d'algorithmes de calcul, sans dire à quelles occasions ces méthodes ont été mises au point, sans justifier leur pertinence ni exhiber des classes de problèmes qu'elles permettent de résoudre. De plus, sous prétexte d'exercer les élèves à utiliser ces algorithmes, on leur soumet des listes de calculs à effectuer hors de tout contexte. Ces pratiques conduisent inévitablement à faire percevoir les mathématiques comme un ensemble de procédures vides de sens, fournissant des réponses vides de sens à des questions vides de sens ».

Instrument de sélection

En d'autres termes, les maths souffrent trop de vouloir apprendre à calculer, à enseigner trop de techniques, et pas assez à raisonner. Or, raisonner demeure un

82%
et
65%

La proportion de filles et de garçons
qui se disent inquiets à l'idée
d'avoir des mauvaises notes
en mathématiques.

apprentissage au quotidien. Et quoi de mieux pour ça que de faire de la géométrie, dont toutes les recherches en didactique disent que plus que tout outil (parce que la quasi-totalité des concepts peut être matérialisée), celle-ci développe l'observation et la logique. Mais la géométrie serait délaissée en primaire, où l'on se contenterait de classer les formes, où prévalent les formules et les calculs. Trop précocement, dès la fin du primaire, on fait entrer les élèves dans l'abstraction et les concepts alors que les manipulations sont peu nombreuses. Des exemples ? La règle des signes, moins par moins donne plus, ne prend son sens qu'avec l'algèbre et la géométrie analytique, en secondaire. Ou la multiplication de fractions ne prend son sens qu'avec l'algèbre et les probabilités. D'un autre côté, certains estiment que l'échec en mathématiques est principalement dû à l'ignorance de notions essentielles dès le début du secondaire : tables de multiplication, opérations posées à l'écrit, nombres décimaux... Or, le calcul élémentaire forme des circuits spécifiques dans nos cerveaux : des chemins que nous ne possédons pas à la naissance mais qui se dessinent, à force de pratiquer, pour devenir la voie naturelle, le raccourci permettant de compter efficacement – rapidement et sans trop d'effort.

Ces lacunes, loin de se résorber, ont tendance à s'accroître tout au long de la scolarité. « En maths, les choses s'enchaînent, si on rate un échelon, on

peine à rattraper les suivants », rappelle Francis Buekenhout, professeur honoraire à l'ULB, créateur des olympiades mathématiques. Selon lui, le rejet des maths tient aussi au rôle qu'on leur fait jouer dans l'enseignement : elles sont l'instrument de la sélection et jouent comme un repoussoir à entamer une filière scientifique. « Il y a un abus de leur utilisation, notamment

dans les cursus de médecine et de vétérinaire. Mais il est bien plus facile de noter un devoir de maths qu'une dissertation... »

Une étude menée par l'ULB et l'UMons a ainsi montré des éléments plutôt inattendus : les résultats des candidats mé-

decins en sciences dures (maths, chimie, physique) sont très peu prédictifs des résultats obtenus au terme de la dernière année de stages et compétences cliniques. Les chercheurs ont suivi trois groupes. Dans le premier, parmi ceux qui réussissent bien les cours de sciences dures, un tiers des étudiants régressent au cours de leur cursus. Dans le deuxième, constitués d'as en sciences et qui ont très bien réussi les cours de sciences de première année, ceux-ci arrivent péniblement au terme de leurs études finales, bien davantage orientées vers la pratique médicale. Le dernier groupe, lui, rassemble des étudiants

aux résultats tout juste satisfaisants sur les matières scientifiques de base de première année, mais les voilà en tête des résultats de fin de formation.

La sélection par les maths semble trouver ici ses limites. La médecine de pointe demande des scientifiques de haut niveau. Mais que doit savoir exactement le toubib de quartier qui s'occupe au jour le jour de réconforter et de soigner ses patients ?

« L'épaisseur psychologique nécessaire pour être médecin aujourd'hui ne peut s'acquérir que grâce à une culture littéraire et philosophique approfondie », affirme Francis Buekenhout. Et de proposer :

« Plutôt que sur leur seul niveau en sciences,

→ il faudrait choisir les étudiants à partir d'entretiens de motivation, comme cela se pratique aux Etats-Unis. »

« Plus de vie et de sens du réel »

Faut-il tout chambouler ? « Il faut un enseignement plus concret. Aujourd'hui, on fait des maths en 3^e secondaire pour être prêt à faire les maths de 4^e », observe Abdou Kouider Ben-Naoum, professeur de mathématiques à l'Ecole polytechnique de l'Université catholique de Louvain (UCL). Un plaidoyer qui ne date pas d'aujourd'hui. Depuis le début du XIX^e siècle, des mathématiciens insistent sur la nécessité d'une pédagogie partant du réel, de façon plus active et dynamique. Ainsi, en 1904, le grand mathématicien Emile Borel proposait déjà, à l'instar des sciences, « la mise en place dans les écoles de laboratoires de mathématiques pour

50,4%

Le score moyen des élèves
de 2^e secondaire à l'épreuve
de mathématiques du CE1D.

permettre aux élèves de faire de la recherche mathématique ». Il insiste sur « la nécessité des exercices pratiques (de vrais exercices, expériences et manipulations de calculs numériques, de dessins géométriques, d'arpentage, de cosmographie ou de mécanique) qui permettent d'introduire « plus de vie et de sens du réel ». Comme lui, les membres de la Commission internationale pour l'étude et l'amélioration de l'enseignement des mathématiques (Cieaem), puis ceux de la Société belge des professeurs de mathématiques d'expression francophone, ont défendu à leur tour l'utilisation de « matériel, structuré par une idée mathématique », parce qu'il aide à « proposer des situations qui attirent et stimulent les esprits ». Sans succès.

Oubliées ou non, les maths sont formatrices. Les élèves qui ont pratiqué l'abstraction acquièrent la capacité d'assimiler beaucoup plus vite, de penser de nouvelles approches face à des situations inédites. « Comme je le répète, tous les élèves devraient suivre six heures de maths hebdomadaires. Ils ne doivent pas se contenter de quatre heures, au cours desquelles le professeur se cantonne à l'enseignement de « recettes toutes faites ». Six heures, c'est un atout pour le raisonnement logique organisé. On y apprend à conceptualiser », ajoute Abdou Kouider Ben-Naoum. Si les maths sont nécessaires au développement du cerveau, raison de plus pour les rendre captivantes. Tout ne serait qu'affaire de pédagogie, estime l'expert. « Comment peut-on imaginer capter l'attention des élèves quand ils subissent les cours durant des heures ? C'est en les surprenant, en les sortant, en les faisant jouer, en les défiant, en leur faisant résoudre des problèmes en groupe. Et là, ils ne regardent pas l'heure ! Quand on les défie, ils deviennent géniaux. Et puis, quand on fait les choses soi-même, quand on manipule, on retient. Et pas seulement en mathématiques ! » Autrement dit, impossible

de toucher aux bases... Ce qui n'empêche pas d'introduire en classe des énigmes amusantes. Que se passe-t-il par exemple quand on pose une question à Google ? Ça, l'école ne l'explique pas.

C'est l'une des pistes du Crem, qui souhaite donner plus d'outils aux enseignants pour les aider à faire cours plus efficacement. Principale cible : les instituteurs, dont la grande majorité est issue de filières littéraires ou de sciences humaines – la moitié des étudiants au cursus ne provient pas du secondaire général, selon un rapport de l'Agence pour l'évaluation et la qualité de l'enseignement supérieur (Aeqes), publié en 2014. Pourtant chargés d'enseigner toutes les disciplines, les instits sont souvent mal à l'aise avec les chiffres. En outre, leur formation propose un nombre d'heures de mathématiques insuffisant, qui ne parvient pas à compenser leurs éventuelles lacunes : les futurs instits ont, généralement, quelque 180 heures de maths durant leur cursus. Sans parler d'une formation continue et d'un accompagnement pas toujours suffisants. Tout cela impacte nécessairement l'enseignement des mathématiques. Et, pour ce qui concerne les profs du secondaire supérieur, leur agrégation, là, coïncide sur un nombre insuffisant d'heures consacrées à la pédagogie et aux stages de terrain. Leur formation

reste encore trop centrée sur les savoirs, pas assez sur les savoir-faire, soit pas assez « professionnalisée ».

Pénurie alarmante

« Les maths sont enseignées dans la sanction. Les élèves sont continuellement évalués. Ils ne font pas de maths pour le plaisir. Ça les décourage. D'autant qu'on ne leur laisse pas le temps de faire des essais-erreurs, comme les chercheurs, rétorque François Bukehouth. C'est avant tout aux enseignants eux-mêmes qu'il faut →

→ inculquer l'idée que les maths peuvent être drôles. Peu d'entre eux se démarquent de l'image de sérieux et de rigidité qui leur colle à la peau. Comme si les maths n'avaient, définitivement, rien à faire avec la joie ! » Dans les classes, on fait d'ailleurs fi de l'histoire. Les théorèmes ont l'air de tomber du ciel, les mathématiques d'avoir toujours été là. « Cela montre

26%

Selon Eurydice, en Communauté française, la proportion d'élèves de 15 ans peu performants en mathématiques.

que les profs ne sont pas assez formés pour cette discipline et qu'ils ne maîtrisent pas les contextes historiques dans lesquels sont nés les concepts mathématiques. Prenons l'exemple des nombres premiers. Quand sont-ils apparus ? Quel usage en faisaient les Babyloniens ? De même pour la table de multiplication. Comment se pratiquait-elle dans la Rome antique et en Mésopotamie ? Autant de questions passionnantes qui forment l'esprit et peuvent donner le goût de la discipline. Les professeurs doivent prendre conscience qu'ils ne sont pas seulement porteurs de techniques, mais de fragments de l'histoire. »

A la décharge des enseignants, leur discipline a été pas mal chahutée. « On ne s'est jamais vraiment remis des « maths modernes ». Les réformes se sont enchaînées parce qu'on s'est vite aperçu du problème. Mais il aurait mieux valu prendre le temps et réfléchir une bonne fois pour toutes. »

Le hic, c'est qu'on ne trouve plus grand-monde pour les enseigner. On s'inquiète d'un manque d'enseignants qualifiés dans

tout le secondaire. Dès 2006, l'OCDE estimait, dans un rapport, que cette tendance était « préoccupante ». En Belgique, dans une enquête réalisée par Eurydice, le nombre de chefs d'établissement faisant état d'une capacité d'instruction affectée par un manque d'enseignants de mathématiques qualifiés est de 45,6 %. En réalité, peu de « vrais bons matheux » choisissent ce métier. Les candidats commencent à sérieusement manquer. « Lorsqu'un élève décide qu'il va passer une partie de sa vie dans les mathématiques, il s'oriente vers la voie universitaire, relève Luc Lemaire, professeur de mathématiques à l'ULB. Il devient ensuite ingénieur ou intègre une carrière bien tracée dans la finance et l'assurance, désormais dominées par les mathématiques, ou encore l'industrie pharmaceutique ou l'informatique. » L'enquête menée en 2013 auprès de ses anciens étudiants diplômés entre 2007 et 2012 confirme qu'ils se dirigent vers « l'économie en général » (plus de 50 %) et, à moins de 13 %, vers l'enseignement secondaire.

Si l'on attend trop, les mathématiques deviendront une « langue morte », comme le promet Conrad Wolfram. C'est exactement ce que lâche Gad Elmaleh, dans la suite de son sketch : « Est-ce que depuis que t'es sorti de l'école, t'as déjà réutilisé dans ta vie un compas ? Est-ce que t'es déjà sorti d'un appartement que t'as visité en disant à l'agent immobilier : "Ecoutez, on l'aime bien, mais on le trouve un peu isocèle quand même" ... » ♦

7,7%

Selon le Conseil des recteurs, en 2013, le nombre d'étudiants en sciences fondamentales (hors sciences agronomiques et ingénierie biologique, sciences de l'ingénieur, art de bâtir et urbanisme).

LA « MARQUE » SINGAPOUR

En vingt ans, la ville-Etat s'est installée en tête des classements internationaux en mathématiques et en sciences, grâce à la méthode d'enseignement qu'elle a mise en place. Explications.

PAR SORAYA GHALI

La méthode s'est exportée dans une dizaine de pays, et jusqu'en Belgique, où des enseignants volontaires la pratiquent depuis plusieurs années. En France, le ministre de l'Education, Jean-Michel Blanquer, lorgne aussi Singapour. Il vient de confier à deux mathématiciens, dont Cédric Villani, médaillé Fields (le « Nobel » de mathématiques) et par ailleurs député LREM, le mandat de redonner goût et sens à la discipline.

En quoi consiste la « marque » Singapour ? En fait, rien de neuf. La méthode s'avère une synthèse de pratiques didactiques et pédagogiques occidentales, s'inspirant en particulier de Maria Montessori (Italie), de Jerome Bruner (Etats-Unis) et de George Polya (Hongrie). Conçu en 1982 par des spécialistes à leur retour de mission occidentale, le dispositif a ensuite été testé dans les écoles, puis corrigé et perfectionné durant quinze ans, jusqu'à hisser, en 1995, Singapour au sommet des palmarès de référence, tels que Timss (testant les élèves au terme des cycles primaire et secondaires) et Pisa (évaluant les jeunes à l'âge de 15 ans).

La méthode « de Singapour » se fonde sur de grands principes éducatifs. Le premier consiste à ne pas brûler les étapes. La progression se veut lente. L'idée : traiter moins de concepts chaque année, mais les approfondir jusqu'à qu'ils soient maîtrisés parfaitement. L'addition, par exemple, est abordée pendant plus de trois semaines au tout début du primaire sur les nombres de 0 à 10, en présentant ses deux significations (additionner, c'est ajouter et aussi assembler), mais l'addition posée est à peine abordée.

Le second énonce que la résolution de problèmes – sur laquelle butent tant d'élèves belges – doit se trouver au cœur de l'enseignement. Enfin, l'apprentissage est très répétitif et très explicite : l'enseignant verbalise tout, l'élève doit raisonner à voix haute et échanger ses idées avec les autres.

En pratique, pour chaque concept, on va du concret à l'abstrait en trois étapes successives, dites « concrète, imagée, abstraite ». La

« concrète » consiste à visualiser et à manipuler des objets, comme des dés, des jetons ou des cubes emboîtables. Suit l'« imagée » : les objets sont remplacés par des images qui les représentent, sous forme de ronds, de carrés ou de barres. Vient alors l'« abstraite », où on ne travaille plus qu'avec les seuls chiffres et symboles. Exemple simple provenant du manuel de 1^{re} primaire : trois canards sont dans une mare, deux sont à l'extérieur. Combien y a-t-il de canards en tout ? L'élève manipule des cubes, chaque cube représentant un canard. Ensuite, l'enseignant dessine au tableau les cubes en 3D, puis en 2D. On arrive finalement à l'addition $3 + 2 = 5$...

Autre pivot de la méthode : dès la 2^e primaire, l'élève s'entraîne sur des problèmes qu'il n'aura jamais vus auparavant et qu'il résoudra avec les outils dont il dispose. Parmi ceux-ci, il y a spécialement le « modèle en barres ». Ainsi l'exercice suivant : Ali a vendu trois fois plus d'ordinateurs que Joseph. Ensemble, ils ont vendu 48 ordinateurs. Combien d'ordinateurs Joseph a-t-il vendus ? L'élève représente, toujours sous forme de barres, trois unités à côté du prénom d'Ali, une unité à côté du prénom Joseph. Le tout, soit 4 unités, totalise 48 ordinateurs. Donc une unité, c'est $48 : 4$, soit 12. Joseph a vendu 12 ordinateurs.

Investissement massif

La seule méthode n'explique pas tout. L'île asiatique a investi massivement dans son système éducatif. Le métier figure parmi les plus respectés et les mieux rémunérés, à Singapour. Chaque enseignant est formé à la méthode, en formation initiale (très développée et destinée aux meilleurs lycéens) et continue (une centaine d'heures annuelles pour chaque prof). Chaque année, également, il est évalué sur sept compétences, dont sa contribution au développement personnel et académique des élèves, sa collaboration avec les parents et le reste de la communauté, et sa participation au travail collectif au sein de l'établissement. Les mieux notés reçoivent une prime, les moins, suivent un plan de formation pour se perfectionner. La cité-Etat a également édifié un programme

uniforme, identique et bien délimité, avec nettement moins de disparités entre établissements, puisque dans toutes les écoles et dans toutes les classes, les enseignants pratiquent la même méthode.

Certains émettent toutefois quelques bémols. Le système demeure axé sur la performance. Il a instauré le suivi des élèves en fonction de leurs aptitudes scolaires. Ainsi, au terme du cursus primaire, les écoliers sont soumis à un examen qui détermine vers quel type d'établissement ils seront dirigés pour la suite de leurs études, par exemple vers des écoles pour élèves doués, des cursus professionnels ou encore des établissements d'éducation spécialisée. ♦