Les difficultés des étudiant.es à l'entrée à l'université : éclairages de la recherche en didactique, le cas des mathématiques

Ghislaine Gueudet
UR EST, Université Paris-Saclay
ghislaine.gueudet@universite-paris-saclay.fr

Semaine de la Chaire de recherche-action sur l'innovation pédagogique
15 décembre 2022

Perspective générale

Dans cette intervention on s'intéresse aux difficultés des étudiant.es liées aux processus d'enseignement et d'apprentissage en classe (ex. cours, TD, TP, examen….) et en dehors de la classe (ex. travail personnel), et aux pistes de solutions pour y remédier.

A priori des étudiant.es entrant en première année (mais la transition secondaire-supérieur peut aller au-delà !)

Organisation de l'intervention

Partie 1: La recherche en didactique [des mathématiques] et la transition secondaire-supérieur, première approche

Partie 2 : Contrat didactique et implicites [toutes disciplines]

Le point de vue des étudiants, exemples

Partie 3: Les étudiant.es « non-spécialistes » et les mathématiques

Partie 1 :
La recherche en didactique [des mathématiques] et la transition secondaire-supérieur, première approche

La recherche en didactique des mathématiques

La didactique des mathématiques est la discipline qui s'intéresse à tous les phénomènes d'enseignement, d'apprentissage et de diffusion des mathématiques.

Certaines questions de didactique des mathématiques sont des questions sur l'enseignement-apprentissage, spécifiées aux mathématiques :

« Comment améliorer le sentiment d'auto-efficacité des étudiantes en mathématiques ? »

On peut souvent transposer les questions de didactique des mathématiques en questions de didactique d'une autre discipline.

Idem pour les théories utilisées par les chercheurs.

Causes de difficultés à l’entrée dans le supérieur, pistes de solutions

Des notions plus difficiles, plus abstraites à l’université

De nouvelles notions, avec un degré d’abstraction important. Notions formalisatrices, unificatrices, généralisatrices (Robert 1998). Exemple : algèbre linéaire (Dorier 1997)

Pistes de solutions : pratiquer sur différents types d’objets « concrets » pour repérer des structures identiques, avant d’agir sur des objets plus abstraits (Tall 1991)

Causes de difficultés à l'entrée dans le supérieur, pistes de solutions

Un nouveau langage

Un certain type de discours, que les étudiant.es tentent de reproduire (Nardi & Iannone 2005) – l'université comme un nouveau pays, où on parle une autre langue…

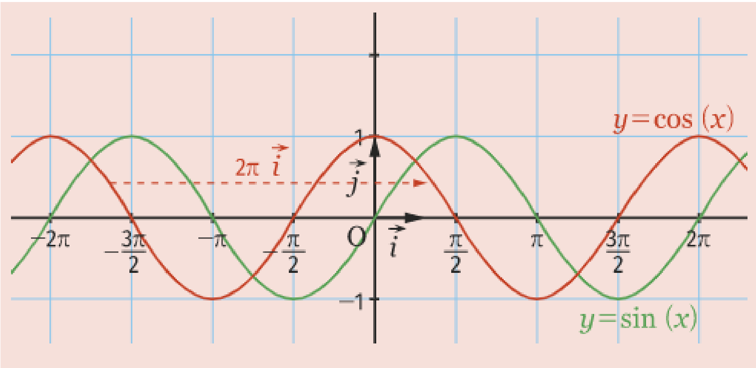
Ex. « Tous les diviseurs d'un nombre pair sont pairs ».

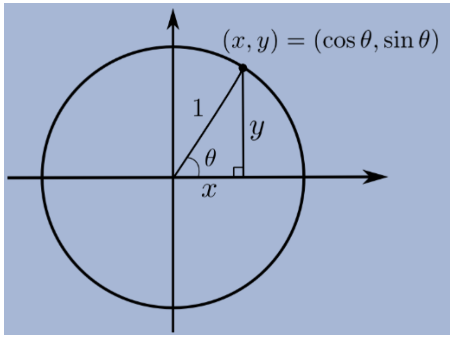
Pistes de solution : Comme pour l'apprentissage d'une langue, de la pratique dans la durée – nécessité de feedbacks constructifs de l'enseignant.e.

Causes de difficultés à l'entrée dans le supérieur, pistes de solutions

De nouvelles nécessités de faire des liens entre différents concepts, différentes propriétés, différentes représentations…

Ex. Travail avec Julien Seznec dans SOS Calcul sur **les registres** (Duval 1996) et changements de registres.





Pistes de solutions : Faire travailler aux étudiant.es les changements de registres, en évaluant soigneusement la difficulté des exercices

Causes de difficultés à l'entrée dans le supérieur, pistes de solutions

Les mêmes savoirs sont abordés différemment au lycée et à l'université

Pour un même type de tâche (ex. « étudier une fonction ») les techniques à utiliser ne sont plus les mêmes (ex. commencer par déterminer le domaine de définition, réduire l'intervalle d'étude en utilisant des propriétés de symétrie etc.), le niveau de justification attendu est également différent.

Au lycée les élèves travaillent des techniques de résolution d'exercices, pas toujours justifiées. A l'université, plus de justifications attendues, une plus grande place pour la théorie.

Pistes de solution :

« Bridging courses » (Biehler et al., 2011) avant de démarrer l'année universitaire, ou en début de semestre 1, orientés vers l'acculturation à ces nouvelles pratiques

Réactions-questions des participants

Est-ce que ces causes vous semblent aussi présentes dans votre discipline ?

Causes de type « changement » : notions plus difficiles, nouveau langage, plus de nécessité de liens, les ‘mêmes’ savoirs sont abordés différemment par rapport au lycée ?

Si oui (et en maths) :

Est-ce que vous voulez/pouvez partager des exemples ?

Partie 2 :
Contrat didactique et implicites
[toutes disciplines]

Contrat didactique

Contrat didactique (Brousseau 1998): ensemble de règles, souvent implicites, qui fixent les responsabilités respectives de l'enseignant.e et des élèves vis-à-vis du savoir en jeu. Le contrat didactique peut aussi être vu comme un système d'attentes mutuelles.

Définition étendue (Pepin 2014) :

1. Contrat didactique au niveau institutionnel
2. Contrat didactique au niveau de la discipline
3. Contrat didactique au niveau d'un contenu particulier

Contrat didactique, niveau institutionnel

Changements à l'entrée dans le supérieur, des responsabilités accrues pour les étudiant.es

- Responsabilité pour l'organisation du travail personnel : pas (toujours) de 'devoirs' à faire d'une séance à l'autre
- Nature de ce travail personnel : quel travail doit être fait sur le cours ? Quel travail à la suite des TD ? Quelles ressources utiliser, en dehors de celles données par les enseignant.es ?
- Des CM, des TD, des TP, et différents enseignant.es pas toujours coordonné.es : les étudiant.es doivent construire la cohérence
- Des interactions plus réduites avec les enseignant.es : les étudiant.es doivent faire la démarche de poser des questions
- ……..

L’établissement collectif d’une norme

David (2020), en sociologie

Méthodologie de la recherche : un semestre de participation aux cours et TD avec les étudiant.es, et des entretiens.

Les étudiant.es définissent collectivement le niveau des efforts à fournir.

« Dès les premières semaines, la quantité de travail demandée est jugée importante par les enquêtés, et les consignes, sur le temps à y consacrer et les manières de le faire, sont jugées imprécises. Les étudiants enquêtés observent alors le travail que réalisent les autres étudiants et ajustent le leur: sur le nombre d’exercices effectués ou le nombre de questions traitées. »

Ils/elles développent des « stratégies de freinage »…

Hélène (étudiante en L1 de sciences, mai 2013) : *« Normalement, il faut préparer l’exercice avant d’arriver en TD. […] C’est sûr que c’est mieux d’arriver en ayant fait l’exercice. Après [le prof] les corrige, et ceux qui ont des questions les posent. En pratique, il y a peu de gens qui font les exercices avant ».*

L’établissement collectif du contrat didactique

Le contrat didactique est établi collectivement par les étudiant.es et les enseignant.es., dans le système de conditions et de contraintes de l’institution.

Il contient beaucoup d’implicites, et peut entraîner des malentendus : étudiant.es qui n’entrent jamais dans le contrat didactique tel que vu par l’enseignant.e.

Représentations des étudiant.es et contrat didactique

Projet RIME (Représentations et Implicites du Métier d'Etudiant), équipe DidaScO de l'UR EST

***Q1 - A l'université les étudiants doivent être autonomes ».* Qu'est-ce que cela veut dire pour vous ?**

Expliquer vos propos en les illustrant sur des exemples personnels précis, que ce soit d'ordre général ou lié à une discipline.

Q2 - Que signifie pour vous « travail personnel en dehors des cours à l'université » ?

Expliquer vos propos en les illustrant sur des exemples personnels précis.

Q3- Quelles sont selon vous les attentes des enseignants en TD ou TP à votre égard ?

Expliquer vos propos en les illustrant sur des exemples personnels précis, en lien notamment avec l'attitude, la participation, les interactions...

Extraits de réponses

Le point de vue des étudiant.es, et votre expérience

Est-ce que ces extraits de réponses vous semblent familiers, surprenants ?

Est-ce que certains vous semblent mettre en évidence des implicites, des malentendus ?

Est-ce que vos attentes vis-à-vis de vos étudiant.es sont explicites ?

Est-ce que vous avez déjà vécu avec vos étudiant.es une situation que vous interprétez comme un malentendu, résultant d'implicites différents entre vous et eux/elles ?

Partie 3 : Les étudiant.es « non-spécialistes » et les mathématiques

Les mathématiques comme causes de difficultés à l’entrée des filières scientifiques

Filières de physique, chimie, biologie, géologie, ingénierie, informatique, médecine mais aussi économie, gestion etc. qui sont toutes largement utilisatrices de mathématiques (les mathématiques comme « discipline de service »).

Une inquiétude internationale croissante, venue des formations d’ingénieurs (USA et UK) :

Dans certaines universités, un tiers des abandons dans les formations d’ingénieur sont dus aux mathématiques (Vazquez 2010)

Rappel : des types de causes qui concernent les étudiant.es en mathématiques et les ‘non-spécialistes’

Causes de type « changement » : notions plus difficiles, nouveau langage, plus de nécessité faire de liens, les ‘mêmes’ savoirs sont abordés différemment par rapport au lycée.

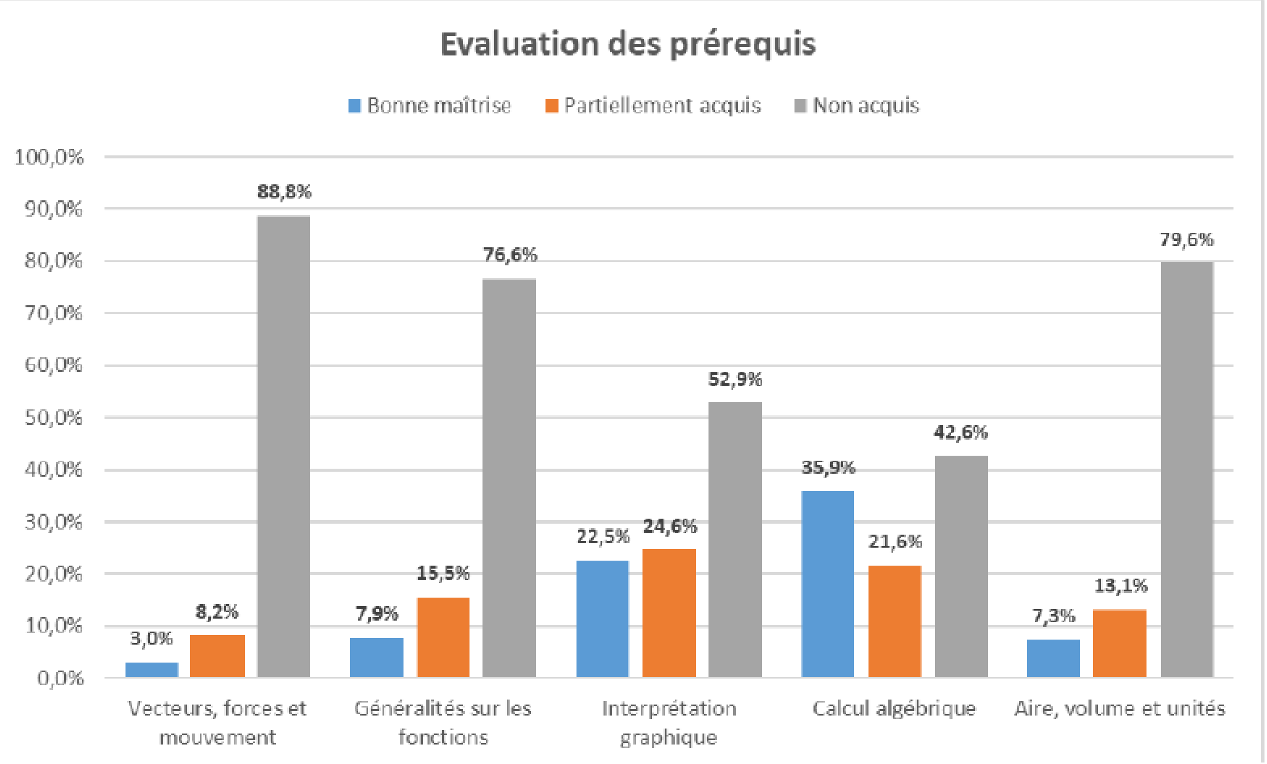
Ces causes sont aussi valables pour les non-spécialistes.

Y a-t-il par ailleurs d’autres causes, qui seraient spécifiques (ou au moins particulièrement sensibles) pour les non-spécialistes ?

Des difficultés liées aux maths que vous avez observées chez vos étudiant.es, qui auraient une autre explication ?

Des prérequis mathématiques attendus (par les enseignants de l'université) qui ne sont pas acquis

Des erreurs concernant des prérequis relevant du « socle » (contenus vu jusqu'en seconde) : proportionnalité, calcul algébrique…



« Passeports » à l'Université de Namur Massart et al. (2022)

Des prérequis mathématiques attendus (par les enseignants de l'université) qui ne sont pas acquis

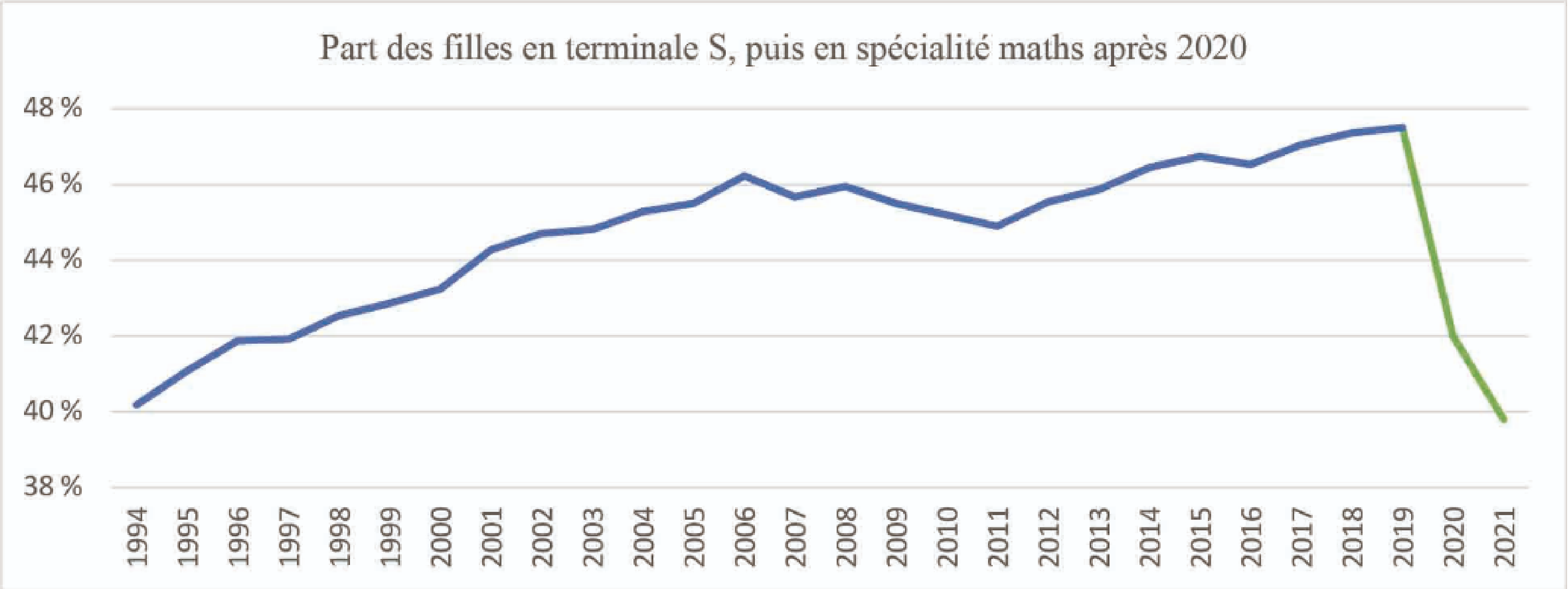
Ces difficultés se sont graduellement accrues à l'échelle internationale depuis les années 1990.

Arrivée à l'université d'un public plus hétérogène ; une maîtrise insuffisante des prérequis en mathématiques, surtout dans les filières de physique et d'ingénierie (Measuring the Mathematics Problem, Hawkes and Savage, 2000)

Pistes de solutions: création de Mathematics Support Centers (Lawson et al., 2022), enseignements de remédiation

Des prérequis mathématiques attendus (par les enseignants de l'université) qui ne sont pas acquis

Un problème particulièrement sensible en France depuis la dernière réforme du lycée – et spécialement pour les filles … (SMF, https://smf.emath.fr/actualites-smf/reforme-du-lycee-et-mathematiques-25-ans-de-recul-sur-les-inegalites-fillesgarcons)



Lecture : en 2019 il y avait 47,5% de filles en Terminale S, en 2021 il y a 39,8% de filles en spécialité maths

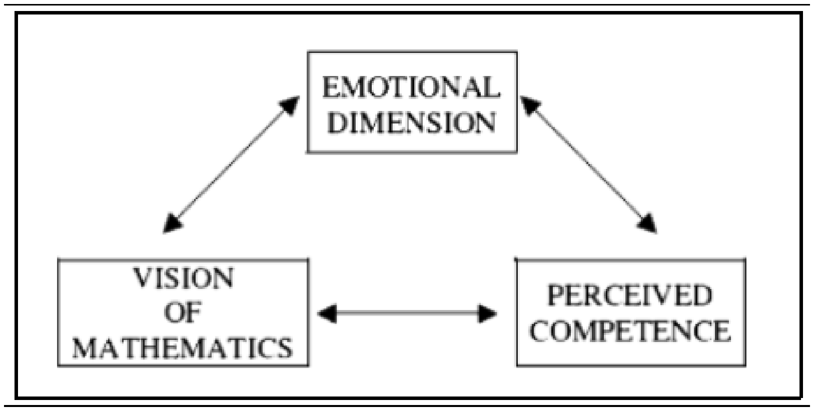
Attention : les prérequis attendus par les enseignant.es doivent tenir compte des changements de programmes …

L'attitude vis-à-vis des mathématiques

« je suis nul.le en maths » ; « je n'aime pas les maths » ; « je n'aime pas les maths qu'on fait à la fac »

Etc.

Three-dimensional Model for Attitude Toward Mathematics (TMA - Di Martino & Zan 2010)



Pistes de solution : Proposition de tâches de différents niveaux de complexité (Blömeke 2016) qui permette à chacun.es de faire quelque chose ; Tutorat

Déconnexion entre les cours de mathématiques et les mathématiques utilisées dans les cours d'autres disciplines

Un cours de mathématique perçu par les étudiants comme trop théorique, déconnecté des cours de [physique] (Jablonka et al. 2017)

Cours de mathématiques pour des étudiant.es en physique

Cours de physique utilisant des mathématiques

Pistes de solutions : des enseignements conçus collectivement, par exemple par des professeurs de mathématiques et de biologie, et dans lesquels un travail significatif est fait sur la modélisation (Viirman & Nardi 2018)

Difficulté : la modélisation mathématique est difficile pour les étudiant.es (et difficile à enseigner…)

Un exemple à propos de modélisation

Un exercice classique… (Doukhan, 2022)

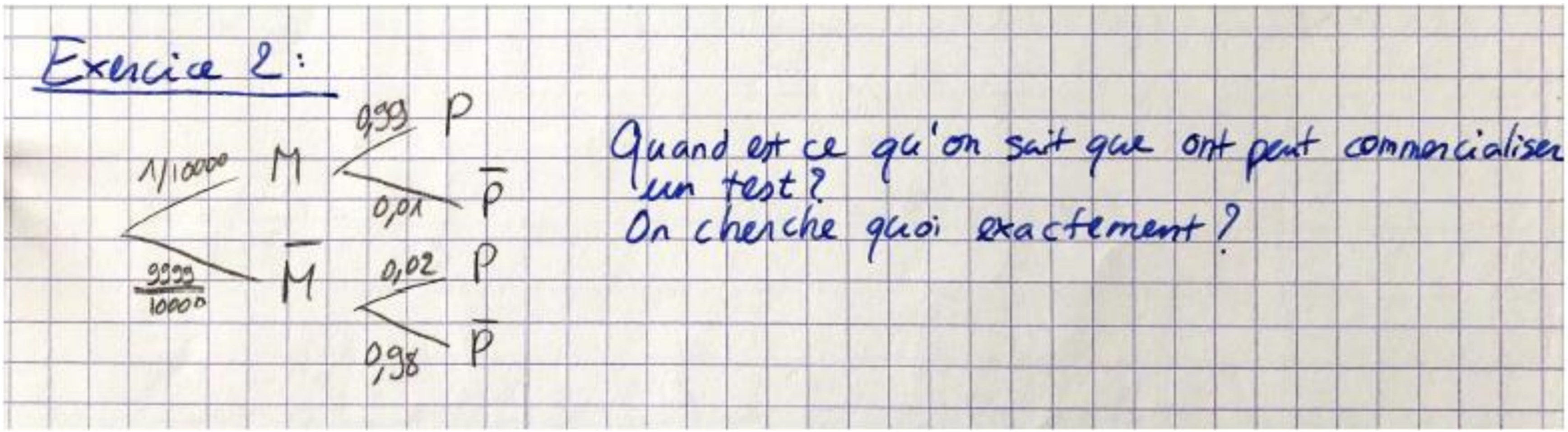
Vous êtes directrice ou directeur du cabinet du ministre de la santé. Une maladie est présente dans la population, dans la proportion d'une personne malade sur 10000. Le responsable d'un grand laboratoire pharmaceutique vient vous vanter son nouveau test de dépistage : si une personne est malade, le test est positif à 99%; si une personne n'est pas malade, le test est négatif à 98%. Autorisez-vous la commercialisation de ce test ?

La réponse attendue, après divers calculs est *« il n'y a que 0,49% de chances pour qu'une personne positive au test soit effectivement malade, le test n'est donc pas efficace. »*

22 étudiants de L1 biologie, 1 réponse correcte

Exemples de productions d'élèves (L1 Biologie)

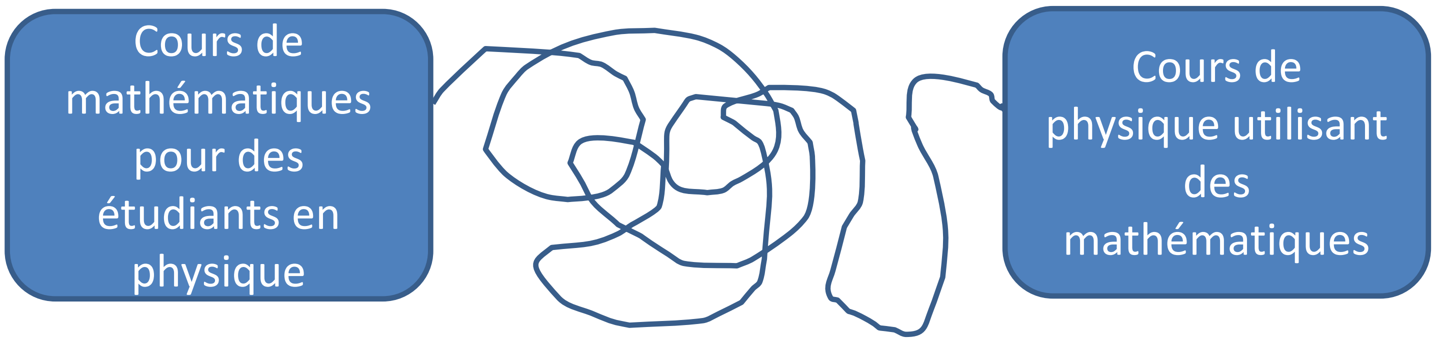
Elève A



Elève B

Non, car la marge d'erreur est énorme pour une population de 10000 personnes. Sur 10000, il peut y avoir 200 personnes qui sont déclarées comme malades alors qu'elles ne le sont pas du tout. Ceci est lié aux 98%. Si la maladie concernait 1 personne sur 100, cela aurait été plus intéressant.

Les mêmes contenus mathématiques sont vus différemment en cours de mathématiques et en cours de [physique]



Une approche différente :

- Des vecteurs ;
- Des équations différentielles ;
- …..

Un petit exemple (Gueudet et al. 2022)

Un exemple : physique et mathématiques

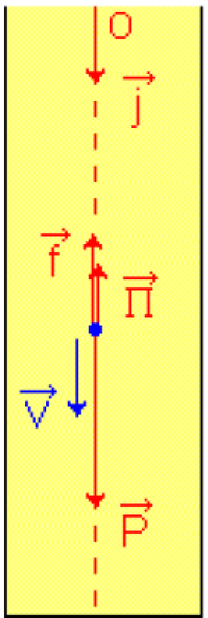
Chute d'une bille dans un liquide

Une bille en verre (masse volumique μ, rayon r) est lâchée, sans vitesse initiale, à la surface d'un tube vertical contenant de l'huile de ricin (masse volumique μ_o).
On donne : r = 1 mm ; μ = 2600 kg / m^3 ; μ_o = 970 kg / m³ ; g = 9,81 m.s^{-2}.

a) Exprimer, en fonction de l'intensité de la pesanteur terrestre g, du rayon r de la bille et des masses volumiques μ et μ_o, le poids P et la poussée d'Archimède Π exercée par le liquide sur la bille.

b) Établir l'équation différentielle du mouvement de la bille sachant que, dans le domaine de vitesse étudié, la force de frottement fluide peut s'écrire sous la forme : $\vec{F}=-6\pi\eta r\vec{v}$
(relation de Stokes, valable lorsque la vitesse reste faible)
η est le coefficient de viscosité du liquide
$\vec{v}$ est le vecteur vitesse de la bille en translation rectiligne
r est le rayon de la bille
On pose : $\tau=\frac{2\mu r^2}{9\eta}$ la constante de temps du système et $C=(1-\frac{\mu_o}{\mu})g$ une constante.
Vérifier l'homogénéité de l'équation différentielle.

Un exemple : physique et mathématiques



Volume de la bille : $\frac{4}{3}\pi\ r^3$

Masse de la bille : $m = \frac{4}{3}\pi\ r^3\ \mu$

Poids da la bille : $P = m\ g = \frac{4}{3}\pi\ r^3\ \mu\ g$

$\vec{P} = \frac{4}{3}\pi\ r^3\ \mu\ g\ \vec{j}$ $(g > 0)$

$\vec{\Pi} = -\frac{4}{3}\pi\ r^3\ \mu_0\ g\ \vec{j}$

$\vec{f} = -6\ \pi\ \eta\ r\ V\ \vec{j}$ (vitesse $V > 0$)

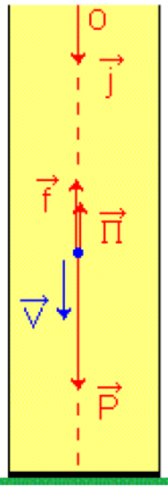
Référentiel Galiléen : le solide Terre. On lui associe le repère (O, $\vec{j}$).

Système étudié : la bille

Forces extérieures s'exerçant sur la bille :

- Le poids $\vec{P}$, essentiellement dû à l'action gravitationnelle de la Terre sur la bille
- La poussée d'Archimède $\vec{\Pi}$ exercée par le liquide sur la bille
- La force de frottement fluide $\vec{F} = -6\pi\,\eta\,r\,\vec{v} = -6\pi\,\eta\,r\,v\,\vec{j}$

Un exemple : physique et mathématiques



Volume de la bille : $\frac{4}{3} \pi r^3$

Masse de la bille : $m = \frac{4}{3} \pi r^3 \mu$

Poids da la bille : $P = m g = \frac{4}{3} \pi r^3 \mu g$

$$\vec{P} = \frac{4}{3} \pi r^3 \mu g \vec{j} \quad (g > 0)$$

$$\vec{\Pi} = -\frac{4}{3} \pi r^3 \mu_0 g \vec{j}$$

$$\vec{f} = -6 \pi \eta r V \vec{j} \quad (\text{vitesse } V > 0)$$

Référentiel Galiléen : le solide Terre. On lui associe le repère (O, $\vec{j}$).
Système étudié : la bille
Forces extérieures s'exerçant sur la bille :

- Le poids $\vec{P}$, essentiellement dû à l'action gravitationnelle de la Terre sur la bille
- La poussée d'Archimède $\vec{\Pi}$ exercée par le liquide sur la bille
- La force de frottement fluide $\vec{F} = -6 \pi \eta r \vec{v} = -6 \pi \eta r v \vec{j}$

Dans la question a), le poids et la poussée d’Archimède ne sont pas présentés comme des vecteurs. Dans la question b), ce sont des vecteurs. On sait pour des raisons physiques que tous les vecteurs (forces, vitesse) qui interviennent ont la même direction. Donc on introduit un repère avec un unique vecteur $\vec{j}$.

Un exemple : physique et mathématiques

Finalement : $\frac{dv}{dt}+\frac{v}{\tau}=C$ avec $\tau=\frac{2\mu r^2}{9\eta}$ et $C=(1-\frac{\mu_o}{\mu})g$

<u>Homogénéité de l'équation différentielle :</u>

$[dv/dt] = [v] / [t] = L.T^{-2}$

$[v] = L.T^{-1}$

$[\tau] = T$

Donc $[v] / [\tau] = L.T^{-1}.T^{-1} = L.T^{-2}$.

$[C] = [g] = [v] / [t] = L.T^{-1}.T^{-1} = L.T^{-2}$.

L'équation est donc homogène.

Homogénéité en termes de grandeurs en physique
Sans rapport avec « équation différentielle homogène » en mathématiques

Des pistes de solutions ?

Construire ensemble des pistes de solutions à tous ces différents problèmes…

Où on retrouve le projet SOS Calcul……

Vendredi 13 janvier : Aude Caussarieu, Sophie Jéquier, « Les mathématiques pour les sciences »
Vendredi 14 avril : Fabrice Vandebrouck, « Comment faire le lien entre les tâches proposées aux étudiant.es et leur activité réelle ? "

Références

Synthèse

Gueudet, G., & Vandebrouck, F. (2022). Transition secondaire-supérieur: Ce que nous apprend la recherche en didactique des mathématiques. Épijournal de Didactique et Epistémologie des Mathématiques pour l'Enseignement Supérieur, Episciences. https://epidemes.episciences.org/9715

Articles

Bautier, É., & Rayou, P. (2013). Les inégalités d'apprentissage: Programmes, pratiques et malentendus scolaires. Presses Universitaires de France. https://doi-org.ezproxy.universite-paris-saclay.fr/10.3917/puf.bauti.2013.01

Biehler, R., Fischer, P.R, Hochmuth, R., & Wassong, T. (2011). Designing and evaluating blended learning bridging courses in mathematics. online blended courses. In M. Pytlak, T. Rowland & E. Swoboda (Eds.), Proceedings of the 7th Conference of European Researchers in Mathematics Education (pp. 1971-1981). University of Rzeszów and ERME.

Blanchard, M. (2021). Genre et cursus scientifiques : Un état des lieux. Revue française de pédagogie, 212, 109-143. https://doi.org/10.4000/rfp.10890

Blömeke, S. (2016). Der Übergang von der Schule in die Hochschule: Empirische Erkenntnisse

zu mathematikbezogenen Studiengängen. [The Transition from School to

University Mathematics: Empirical Results concerning Mathematics demanding Study-

Programs.] In A. Hoppenbrock, R. Biehler, R. Hochmuth, & H.-G. Rück (Eds.), Lehren

und Lernen von Mathematik in der Studieneingangsphase. Herausforderungen und

Lösungsansätze (pp. 3–13). Springer.

Brousseau, G. (1998). Théorie des Situations Didactiques. Grenoble : La Pensée Sauvage.

David, M. (2020). Travailler à l'université. La définition étudiante du niveau et de la direction des efforts à fournir. Revue française de pédagogie, 209, 87-102. https://doi.org/10.4000/rfp.9801

Di Martino, P., & Zan, R. (2010) 'Me and maths': towards a definition of attitude grounded on students' narratives. Journal of Mathematics Teacher Education, 13, 27–48. https://doi.org/10.1007/s10857-009-9134-z

Dorier, J.-L (dir.) (1997). *L'enseignement de l'algèbre linéaire en question.* La Pensée Sauvage.

Doukhan, C. (2022). Comment l'articulation entre théorie de l'activité et théorie anthropologique éclaire la transition secondaire-supérieur : le cas des probabilités conditionnelles. Annales de Didactique et de Sciences Cognitives.

Duval, R. (1996) Quel cognitif retenir en didactique des mathématiques ? *Recherches en Didactique des Mathématiques 16* (3), 348-382.

Références

Hawkes, T. & Savage, M.D. (2000). *Measuring the Mathematics Problem.* Engineering Council.

Lawson,D., Grove, M., & Croft, T. (2022) .The development of mathematics support teaching and learning practices, scholarship, and communities. Épijournal de Didactique et Epistémologie des Mathématiques pour l'Enseignement Supérieur,hal-03730343.

Nardi, E., & Iannone, P. (2005). To appear and to be: acquiring the « genre speech » of university mathematics. In M. Bosch (Ed.) European Research in Mathematics Education IV: Proceedings of the Fourth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education. (pp. 1800-1810) Sant Feliu de Guíxols, Spain: FUNDEMI IQS – Universitat Ramon Llull and ERME.

Pepin, B. (2014). Using the construct of the didactic contract to understand students' transition into university mathematics education. Policy Futures in Education 12(5), 646-657. https://doi.org/10.2304/pfie.2014.12.5.646

Société Mathématique de France (2022). https://smf.emath.fr/actualites-smf/reforme-du-lycee-et-mathematiques-25-ans-de-recul-sur-les-inegalites-fillesgarcons

Tall, D. (1991). Advanced Mathematical Thinking, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Vazquez, A. R. (2010). Mathematics in the training of engineers: An approach from two different perspectives. In *Educational Interfaces between Mathematics and Industry* (pp. 533–540). Lisbon, Portugal.