

ANALYSE DES CONTENUS LIÉS AU CONCEPT D'INTÉGRALE ENSEIGNÉS AU COURS DE CALCUL QUI SONT MOBILISÉS DANS LES PRATIQUES PROFESSIONNELLES DES INGÉNIEURS ÉLECTRICIENS

| KOUASSI* KOUADIO DENIS

Résumé | Le calcul enseigné pendant la formation des ingénieurs ne semble pas pertinent pour les besoins en mathématiques des ingénieurs. Peu d'études portent sur les contenus liés au concept d'intégrale enseignés au postsecondaire, qui sont réellement mobilisés en ingénierie. C'est cet aspect que nous allons davantage creuser, en nous focalisant sur l'ingénierie électrique.

Mots-clés : Cours de calcul, enseignement du concept d'intégrale, pratiques professionnelles des ingénieurs, ingénierie électrique, Théorie Anthropologique du Didactique

Abstract | Calculus taught during engineering training does not seem relevant to the mathematics needs of engineers. Few studies focus on the contents linked to the integral concept taught in postsecondary education, which are actually used in engineering. This is the aspect that we will explore further, focusing on electrical engineering.

Keywords : Calculus courses, teaching the concept of integral, professional engineering practices, electrical engineering, Anthropological Theory of Didactics

I. PROBLÉMATIQUE

1. *Pertinence sociale*

Plusieurs études ont montré que le concept d'intégrale est très important dans les programmes d'ingénierie. Il est utilisé, aussi bien dans le cadre de certains cours professionnels que dans les pratiques de certains ingénieurs sur leur lieu de travail. Par exemple, le concept d'intégrale est mobilisé dans le cours de résistance des matériaux en ingénierie civile (González-Martín et Hernandes-Gomes, 2017). Selon les mêmes auteurs, le concept d'intégrale est utilisé en ingénierie civile et en ingénierie mécanique dans la conception des poutres.

2. *Pertinence scientifique*

Les chercheurs en didactique des mathématiques en ingénierie ont constaté des difficultés de compréhension des interprétations du concept d'intégrale définie par les étudiants. Le concept d'intégrale définie a trois principales interprétations, à savoir une aire sous une courbe, une anti-dérivée et une addition de pièces (Adding up pieces - AUP - Jones, 2013). L'interprétation de l'intégrale comme une aire sous une courbe est très importante, car elle va au-delà du contexte des mathématiques. Par exemple, entre autres, elle est utilisée pour le calcul de la distance totale parcourue, sachant la fonction de la vitesse. L'interprétation de l'intégrale comme une anti-dérivée permet aux étudiants d'être prêts à passer à l'apprentissage du théorème fondamental du calcul et au développement des techniques de calcul des anti-dérivées (Stevens et Jones, 2023). Ces dernières années, plusieurs chercheurs se sont penchés sur l'interprétation de l'intégrale comme une addition de pièces. Oehrtman et Simmons (2023) définissent l'AUP comme une somme de quantités, et ils suggèrent que les étudiants utilisent la définition quantitative de l'AUP dans leur raisonnement, car cela favorise le développement de la

* Université de Montréal – Canada – kouassikdenis@yahoo.fr

capacité de modélisation avec l'intégrale définie dans différents contextes. Or, certains étudiants interprètent l'intégrale définie uniquement comme une aire sous une courbe. Ils rencontrent des difficultés dans l'interprétation quantitative de l'intégrale. Par exemple, des étudiants pourraient traiter dx comme une quantité infinitésimale de la quantité représentée par l'axe des x (Jones, 2015). Cela pourrait entraîner des difficultés dans la compréhension du produit infinitésimal $f(x) dx$ dans lequel dx est utilisé. Dès lors, les étudiants trouvent que le cours sur l'intégrale n'est pas pertinent pour leur formation en ingénierie et leur future carrière d'ingénieur. Parfois, des contenus sur l'intégrale, non appris au cours de calcul, sont introduits à des cours d'ingénierie. C'est le cas du peigne de Dirac qui est mobilisé en ingénierie électrique, alors qu'il n'a pas été enseigné au cours de calcul (Hochmuth et Peters, 2020). Cela traduit une déconnexion entre les contenus sur l'intégrale enseignés et ceux qui sont mobilisés sur le lieu de travail des ingénieurs. Ces problèmes provoquent la réduction de la mobilisation et de l'intérêt des étudiants pour le cours sur l'intégrale. Il s'en suit une hausse du taux d'échec au cours de calcul, où l'intégrale est enseignée, et l'abandon des programmes d'ingénierie.

3. Lacune constatée dans la recherche et nouvel angle de recherche

Peu d'études portent sur l'écart entre les contenus liés au concept d'intégrale réellement mobilisés dans les pratiques professionnelles des ingénieurs sur leur lieu de travail et ceux enseignés au cours de calcul. La lacune perçue dans la littérature pourrait être comblée sous l'angle du problème de la deuxième discontinuité de Klein (2004). La deuxième discontinuité de Klein concerne les difficultés rencontrées par les étudiants qui retournent enseigner les mathématiques au secondaire. Ces difficultés apparaissent dans le transfert des connaissances acquises à l'université vers des connaissances pertinentes pour un enseignant. En effet, les enseignants percevaient un écart entre les contenus mathématiques appris pendant leurs formations initiales à l'université et les contenus mathématiques qu'ils doivent mobiliser pour leur enseignement au secondaire. La deuxième discontinuité de Klein semble apparaître lorsque les futurs ingénieurs en électricité deviennent des ingénieurs, et ils doivent mobiliser les contenus liés au concept d'intégrale dans leurs pratiques professionnelles. Cela nous conduit à la question de recherche suivante : quels sont les contenus liés au concept d'intégrale, enseignés dans le cours de calcul au postsecondaire, qui sont réellement mobilisés dans les pratiques professionnelles des ingénieurs électriciens, et comment sont-ils mobilisés ?

II. CADRE THÉORIQUE

Nous nous appuyerons sur la Théorie Anthropologique du Didactique (TAD-Chevallard, 1999), comme cadre théorique. L'approche anthropologique permet d'aborder la didactique des mathématiques dans le contexte d'autres disciplines, telles que l'ingénierie, entre autres. La notion d'institution nous permettra d'envisager séparément les cours de calcul et le lieu de travail des ingénieurs électriciens. Cela permettra de mieux appréhender les contenus liés au concept d'intégrale mobilisés dans le contexte de chacune de ces institutions. La notion de praxéologies nous permettra d'organiser les contenus liés au concept d'intégrale selon le même modèle de quadruplet $[T/\tau/\theta/\Theta]$, dans les deux institutions. Cela facilitera la comparaison des contenus dans les deux institutions. La notion d'organisation didactique (OD) nous permettra, à partir des moments didactiques, d'observer comment les contenus associés au concept d'intégrale sont mobilisés dans chaque institution.

III. MÉTHODOLOGIE

Nous mènerons une recherche qualitative qui nous permettra de répondre aux questions sur la manière dont les contenus liés au concept d'intégrale sont mobilisés. L'étude du cas de la deuxième discontinuité de Klein en ingénierie électrique est notre cadre méthodologique. Notre posture sera

interprétative, car elle nous permettra de rapporter les significations que les participants à notre recherche donneront à leurs pratiques. Nous analyserons les documents de cours et de travaux dirigés des enseignants de calcul, des documents de travail des ingénieurs électriciens et les verbatims d'entretiens pour construire les praxéologies et les OD dans les différentes institutions. Les résultats des analyses nous fourniront les contenus liés au concept d'intégrale enseignés au cours de calcul qui sont réellement mobilisés dans les pratiques professionnelles des ingénieurs électriciens.

RÉFÉRENCES

- Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en didactique des mathématiques (Revue)*, 19(2), 221-265. <https://revue-rdm.com/1999/1-analyse-des-pratiques/>
- González-Martín, A. S. et Hernandez-Gomes, G. (2017). How are calculus notions used in engineering? An example with integrals and bending moments. Dans T. Dooley et G. Gueudet (dir.), *Proceedings of the tenth congress of the european society for research in mathematics education (CERME10), 1-5 février 2017, Dublin, Irlande* (p. 2073-2080). DCU Institute of Education et ERME. <https://hal.science/hal-01941357/>
- Hochmuth, R. et Peters, J. (2020). About the “Mixture” of discourses in the use of mathematics in signal theory [À propos du « mélange » de discours dans l'utilisation des mathématiques en théorie du signal]. *Educação Matemática Pesquisa Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática*, 22(4), 454-471.
- Jones, S. R. (2013). Understanding the integral: Students' symbolic forms. *The Journal of Mathematical Behavior*, 32(2), 122-141.
- Jones, S. R. (2015). Areas, anti-derivatives, and adding up pieces: Definite integrals in pure mathematics and applied science contexts. *The Journal of Mathematical Behavior*, 38, 9-28.
- Klein, F. (2004). *Elementary mathematics from an advanced standpoint: Arithmetic, algebra, analysis* (vol. 1). Courier Corporation.
- Oehrtman, M. et Simmons, C. (2023). Emergent quantitative models for definite integrals. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 9(4), 1-26. <https://doi.org/10.1007/s40753-022-00209-5>
- Stevens, B. N. et Jones, S. R. (2023). Learning integrals based on adding up pieces across a unit on integration. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 9(1), 118-148.