

# Tests internationaux de mécanique et outils de remédiation : une plateforme pour suivre le niveau d'acquis des concepts de vos étudiants.

T. Galpin<sup>a</sup>, F. Delvare<sup>b,c</sup>, J.-M. Génevaux<sup>b,d</sup>, D. Huilier<sup>b,e</sup>, J.-F. Parmentier<sup>f</sup>,  
UNIT<sup>g</sup>

a. Université du Mans, [tiphaine.galpin@orange.fr](mailto:tiphaine.galpin@orange.fr)

b. GTT-AUM AFM [afmgttaumcommense@framalistes.org](mailto:afmgttaumcommense@framalistes.org)

c. [franck.delvare@unicaen.fr](mailto:franck.delvare@unicaen.fr)

d. [jmgenev@univ-lemans.fr](mailto:jmgenev@univ-lemans.fr)

e. [huilier@unistra.fr](mailto:huilier@unistra.fr)

f. CERFACS [jf.parmentier@gmail.com](mailto:jf.parmentier@gmail.com)

g. Université numérique ingénierie et technologie <http://www.unit.eu/>

## Résumé :

*Des tests internationaux de mécanique concernant la mécanique du point, la statique des solides et la mécanique des fluides, ainsi que leurs outils de remédiation associés, sont médiatisés sur une plateforme Moodle. Chaque test vérifie la compréhension par l'étudiant de plusieurs concepts. Pour chaque concept, un parcours de remédiation propose des outils sous forme de vidéos d'expériences, d'expériences à faire, de simulation, de cours et d'exercices. L'enseignant intéressé, après avoir accepté les règles de bon usage de ces tests internationaux, obtient les liens pour que ses étudiants puissent se connecter à la plateforme et passer le test sélectionné par l'enseignant. Ce dernier reçoit les résultats de chaque étudiant, de la promotion et la comparaison anonyme nationale par rapport au niveau d'études (Bac +x), à la filière (université/écoles d'ingénieurs), à l'importance de la mécanique dans sa formation. Libre à l'enseignant d'inciter les étudiants à utiliser tout ou une partie des outils de remédiation proposés, en présentiel ou non, accompagnés ou non. Ces tests permettent de voir progresser (un peu) ses étudiants au cours de leur formation et de quantifier la non surprenante décroissance du niveau des étudiants à l'entrée dans une formation. Cette vision nationale devrait permettre à l'enseignant de ne pas désespérer.*

## Abstract :

*International mechanical tests on point mechanics, solid statics and fluid mechanics, as well as their associated remediation tools, are mediatized on a Moodle platform. Each test verifies the student's understanding of several concepts. For each concept, a remediation path offers tools in the form of videos, of experiences, experiments to be done, simulations, courses and exercises. The interested teacher, after accepting the rules of proper use of these international tests, obtains the links so that his students can connect to the platform and do the test selected by the teacher. The latter receives the results of each student, the promotion and the national anonymous comparison in relation to the level of*

*study (Bac +x), the field of study (university/engineering schools), the importance of mechanics in his training. The teacher is free to incite students to use all or part of the proposed remediation tools, in the classroom or not, accompanied or not. These tests make it possible to see (a little) progress for students during their training and to quantify the not surprising decrease of the student's level at the beginning of a training course. This national vision should ensure that the teacher does not despair.*

**Mots clefs : test, remédiation, mécanique du point, statique du solide, mécanique des fluides, moodle, comparaison nationale**

## 1 Introduction

Depuis les années 80, la recherche internationale a montré la présence dominante chez nos étudiants de fausses conceptions de la mécanique qui vont à l'encontre de nos enseignements [1]. Or l'identification et la prise en compte de ses conceptions fausses par l'enseignant constituent le premier des trois résultats majeurs identifiés par la recherche en enseignement [2]. Suite à une présentation au CFM 2015 du niveau de compréhension des concepts de la mécanique d'un panel d'étudiants français de diverses formations (université, IUT et écoles d'ingénieurs) [3], le GTT-AUM a décidé de généraliser cette approche en proposant des tests internationaux standardisés, fiables et valides [4] [5] qui permettent de quantifier la maîtrise de certains concepts par un étudiant ou une promotion. A la date de ce colloque, quatre tests de mécanique ont été sélectionnés, adaptés puis médiatisés sur une plateforme pédagogique en ligne. Ces tests peuvent être réalisés tout au long du cursus universitaire du L1 au M2. Ils permettent à chaque étudiant de se positionner individuellement par rapport à un niveau de compréhension attendu et d'engager des activités de remédiation. Pour l'enseignant, ils servent à la fois d'évaluations diagnostiques, d'évaluations de régulation, d'évaluations formatives et de processus de recueil d'informations au service de la recherche [6].

Plusieurs utilisations peuvent être faites.

- L'évaluation diagnostique est dans ce cas au service de la régulation et de l'aiguillage vers des actions de remédiation. Elle est un état de compréhension de concepts pré-définis à un moment donné par un individu ou un groupe d'individus et n'est ni sélective ni certificative car elle ne change en rien l'admission à un cours ou à un cycle de formation.
- L'évaluation de régulation peut être au service de l'enseignant, au cours d'un cycle d'apprentissage, pour réajuster le processus de formation. Elle permet le recueil auprès des apprenants d'informations relatives à la compréhension des concepts régissant la mécanique. Si elle est faite en fin de formation, elle permet de vérifier l'efficacité du service rendu par l'équipe enseignante, dans le but d'ajuster son enseignement par d'éventuelles modifications et améliorations.
- L'évaluation formative a pour objectif de localiser le plus précisément possible l'origine des difficultés et de mettre en place une régulation directement au service de l'étudiant.

Les tests permettent également de recueillir des informations au service de la recherche en enseignement pour la communauté de mécaniciens, dans le but

- d'innover ou d'améliorer la connaissance en développant une démarche d'analyse de besoins en formation,
- de pouvoir proposer des activités de remédiation sous des modalités différentes (visuelles, expérimentales, simulées, formalisées, etc.),
- de quantifier les évolutions dans le temps des compréhensions de chaque concept à une échelle nationale.

Dans un premier temps, le mode de construction de ces tests est rappelé ainsi que les modalités d'utilisation de ceux-ci. Le mode d'analyse des résultats et la forme de leur transmission vers l'enseignant sont ensuite présentés. Les choix de construction et d'utilisation ou non des ressources de remédiation font l'objet d'une quatrième partie. Les modes d'implantation informatique sont alors décrits succinctement.

## 2 Tester la compréhension des étudiants

Des tests de mécanique, mesurant la compréhension de concepts transverses à plusieurs disciplines ou spécialités ont été mis en place par des enseignants américains dans le but de mesurer l'efficacité de leurs méthodes pédagogiques et de permettre l'élaboration de rétroaction sur leur enseignement. Ces tests basés sur la compréhension et non la mise en application quantifiée de concept, ont permis de mettre en évidence des erreurs de conception récurrentes qui peuvent être des freins à la progression des étudiants. Le processus de mise au point de ces tests suit plusieurs phases [7][8][9].

- Un premier travail consiste à faire l'inventaire des concepts visés .
- Un second est la création de questions suffisamment pertinentes pour ne tester qu'un seul concept à la fois, chaque concept étant testé plusieurs fois dans un même test. Les énoncé des questions sont diversifiés et suffisamment explicites pour être compréhensibles par tout un chacun.
- Un premier lot d'étudiants répond alors à ces questions ouvertes.
- Leurs réponses spontanées permettent de détecter les erreurs de perception des concepts. La fréquence de ces erreurs de conception permettant d'aboutir à des QCM pour lesquels parmi le choix de réponses, une seule est juste et les autres sont des propositions reflétant les idées fausses les plus perçues par les étudiants.
- Le test est alors proposé à un second lot plus important en taille d'étudiants.
- La vérification est alors faite que les questions à réponses fermées sont bien discriminantes. Si c'est le cas, le test est alors stabilisé.

Cette optimisation des réponses fausses a nécessité plusieurs années de travail : il est donc indispensable de garder confidentiel le contenu de ces tests ou, pour le moins, de ne pas les rendre diffusables entre étudiants. De même, aucune correction n'est délivrée à l'issue des tests, mais plutôt un «feedback» qui indique clairement les concepts non maîtrisés. Le but pour l'étudiant n'est pas d'avoir la bonne ou la mauvaise réponse mais d'avoir un aperçu de ses niveaux de compréhension des concepts.

Pour les versions françaises, les auteurs de cette communication ont convergé vers une version acceptée de tous. Chaque test vérifie la compréhension de plusieurs concepts (Tab. 1). Les intitulés des questions

Mécanique du point	Mécanique des fluides	Statique des solides
Force et bilan	Fluides parfaits en statique	Isolement et représentation
Dynamique	Fluides parfaits et lois de conservation	Équilibre
Action-Réaction	Fluides visqueux externes (couches limites et traînée)	Liaisons
Statique*	Fluides visqueux internes (conduites, entre plaques)	Frottements
Cinématique*		

Table 1: Tests proposés et concepts sous-jacents. \* *stabilisation en cours*.

ont été testés de façon itérative ces dernières années dans quelques UFR et écoles d'ingénieurs. Certains schémas explicatifs ont été enrichis d'annotation pour une meilleure compréhension.

- Le test de mécanique du point a été réduit à 15 questions au lieu des 30 présentes dans le *Force Concept Inventory* [10] en supprimant les questions ne participant pas à la mesure d'un concept précis [11] et en ajoutant des nouvelles [12]. Il a néanmoins été complété par un second test de 10 questions de cinématique et de statique du point. Ces questions sont issues de deux tests américains *Force Concept Inventory* et *Kinematic Concept Inventory* [13]. Ce second test est en phase de stabilisation.
- Le test de mécanique des fluides initial *Fluid Mechanics Concept Inventory (FMCI)* [9][14] présente 25 micro-concepts testés chacun 3 fois. Ces 25 concepts ont été regroupés en 4 concepts dans un souci d'allègement et utilise 30 questions.
- Le test de statique des solides est la traduction du *Statics Concept Test* [15][16] et comporte 27 questions.

Actuellement, ces trois thèmes sont validés, médiatisés sur Moodle et exploitables. La version anglaise du test de mécanique des fluides a aussi été médiatisée en anglais à la demande de formations internationales faites en France.

### 3 Analyser les résultats

Le traitement des réponses et actions des étudiants à chaque test est instantané. L'analyse des résultats à destination de l'enseignant et de l'AFM demande un minimum de manipulation.

Pour chacune des questions, le choix effectué par l'étudiant est traité soit comme une réponse juste soit comme une réponse fautive. Chaque question est rattachée à un seul concept. Le degré de compréhension de chaque concept pour chaque étudiant est classé sur une échelle à trois niveaux : 100% à 70% → bonne compréhension du concept, 69% à 35% → compréhension incertaine du concept, 34% à 0% → mauvaise compréhension du concept.

Chaque étudiant reçoit un feedback à l'issue du test. Dans le cas où la compréhension est incertaine ou mauvaise, le message délivré invite l'étudiant à poursuivre son apprentissage avec des activités de remédiation, pour le faire progresser.

L'enseignant reçoit par mail dans les 48h (ouvrables) un fichier lui fournissant les résultats de la cohorte d'étudiants (Fig. 1) et les résultats individuels de chacun. Ces résultats font suite à une extraction manuelle réalisée par la commission enseignement du GTT-AUM de l'AFM. Les résultats de cohorte

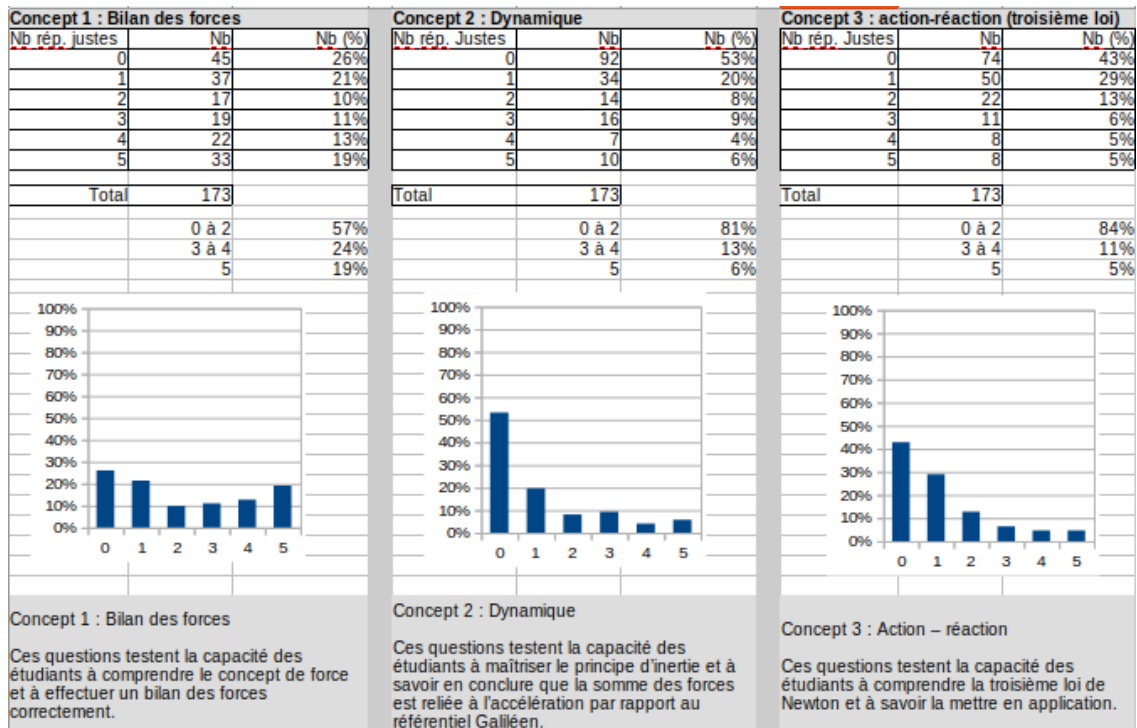


Figure 1: Analyse transmise à l'enseignant des réussites à chaque concept de la promotion.

vont permettre la comparaison entre plusieurs promotions et un suivi de progression d'une cohorte spécifique dans le temps.

Une analyse au niveau national est aussi produite [17]. Après accord de l'enseignant, les résultats anonymisés sont sauvegardés par le GTT-AUM de l'AFM. Une base de données est construite prenant en compte la filière suivie, le niveau de la formation, le type d'institution, le degré d'importance de la mécanique dans le cursus. Pour ce faire, en début de test, trois questions interrogent l'étudiant sur son niveau d'études actuel (Bac + x), le type de formation suivie (BTS, IUT, CPGE, Université, École d'Ingénieurs, ...) et la place de la mécanique dans cette formation.

## 4 Proposer de la remédiation en ligne

A partir des résultats individuels, des activités de remédiation sont mises à la disposition des étudiants et des enseignants. Accessibles en ligne sans mot de passe, elles peuvent être faites en autonomie par l'étudiant, avec ou sans consignes de l'enseignant qui sélectionne les éléments de formation qui l'intéressent parmi la base de ressources, ou en présentiel avec l'aide de l'enseignant.

La banque de ressources est composée d'activités variées. Pour chaque concept :

- des expériences filmées avec résultats affichés,
- des expériences filmées à faire soi-même sans résultats affichés,
- des simulations numériques,
- des cours synthétiques,
- des exercices de mise en application avec ou sans corrigés,

ont été sélectionnés ou créés.

Une veille sur des activités de type démonstration a été réalisée, permettant la sélection de vidéos d'expériences filmées et de simulations numériques de manipulations. Ces ressources ont été classées et rattachées à chaque concept avant d'être stockées dans une banque de ressources dans un espace partagé de la plateforme pédagogique. Pour chaque concept pour lequel une remédiation est nécessaire à un étudiant, il trouvera une proposition de parcours de travail (Fig. 2).

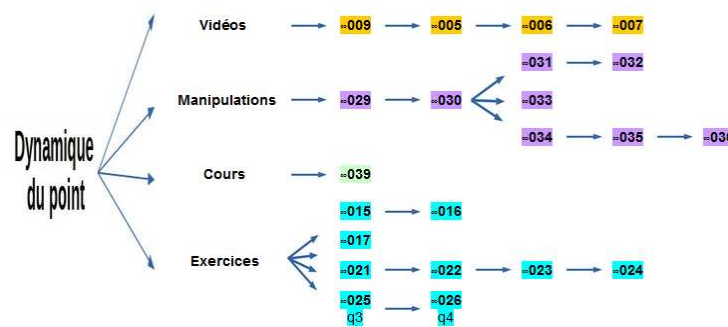


Figure 2: Proposition de parcours de remédiation pour un concept.

Le travail en autonomie de l'étudiant est réalisé sans tutorat ni accompagnement en ligne : la plateforme est juste un support de ressources. La multiplicité des approches (visuelle, analytique, théorique, expérimentale...) doit permettre à chacun d'utiliser l'approche qu'il préfère.

Il est possible d'avoir les statistiques de consultation de chaque élément de remédiation (Fig. 3).

Pour une mesure très partielle faite entre février et mars 2019, pour une centaine d'étudiants, les vidéos et simulations ont été les plus consultées. Le cours n'est qu'à la 9<sup>ème</sup> position des consultations.

Dans le cas où l'enseignant refait passer le test après remédiation, il sera possible de corrélérer l'accroissement (nous l'espérons) du taux de réussite au parcours choisi par l'étudiant et dégager ainsi les outils de remédiation les plus efficaces pour optimiser à terme l'arbre de remédiation.

## 5 Implémentation

Pour accéder à ces tests afin de les utiliser par une cohorte d'étudiants, deux méthodes ont été envisagées.

- Par la création d'un lien LTI entre la plateforme Moodle de l'enseignant et la plateforme Moodle de l'Université du Maine, l'enseignant peut donner accès au test qu'il choisit et ses outils de remédiations associés. L'enseignant écrit à [afmgtaumcommense@framalistes.org](mailto:afmgtaumcommense@framalistes.org) pour en faire la demande.
- Sur le site de l'Université Numérique Ingénierie et Technologie (UNIT) [18], l'ensemble des tests et outils de remédiation sont disponibles. Sous la forme d'un kit Moodle pour chacun des tests, ils peuvent être téléchargés et installés au sein de l'université de l'enseignant.

Les avantages de la première méthode sont :

- pas d'installation de l'ensemble des ressources dans chaque université ou école,

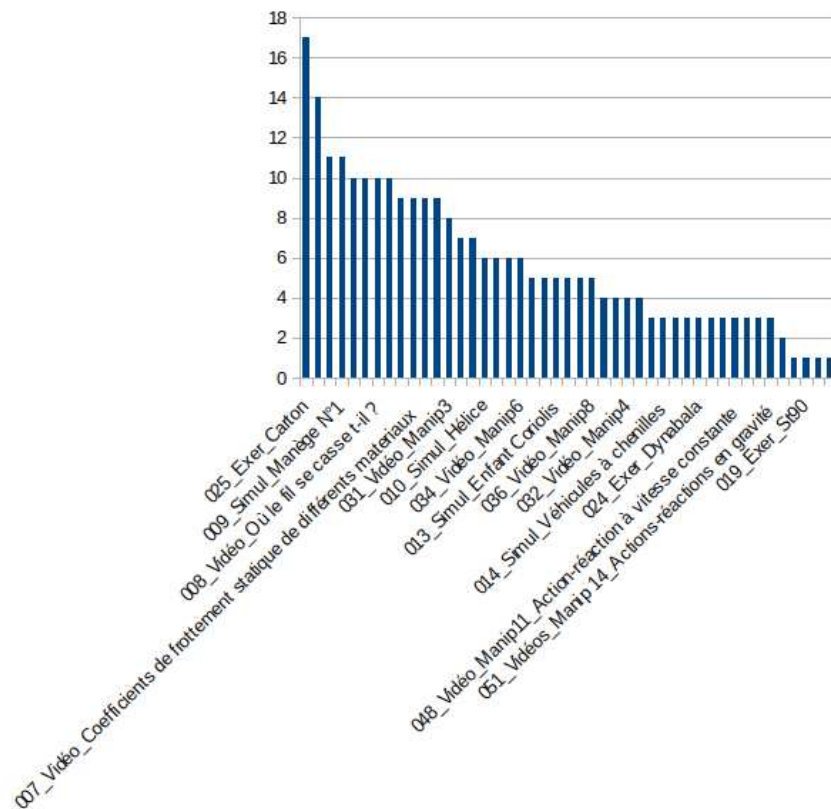


Figure 3: Utilisation des outils de remédiation pour le test de mécanique du point, entre janvier et mars 2019.

- accès à la dernière version des tests et des outils de remédiation,
- traitement par la commission enseignement du GTT-AUM des résultats de la promotion d'étudiants,
- récolte par la commission enseignement du GTT-AUM des données anonymisées au niveau national, afin de construire des indicateurs de comparaison, qui sont ensuite mis à disposition des enseignants.

## 6 Conclusions et perspectives

Des tests internationaux de mécanique sur les thèmes de la mécanique du point, la statique des solides, la mécanique des fluides ont été mis en ligne en version française pour mise à disposition aux enseignants de l'enseignement supérieur. Une procédure simple permet de créer un lien entre la page Moodle de l'enseignant et le site de test. Après avoir accepté les règles de bon usage de ces tests pour en conserver la confidentialité et ne pas fausser les mesures, l'enseignant informe du test et du créneau horaire choisis, la commission enseignement du GTT-AUM de l'AFM. Le test passé, il reçoit une analyse du taux de réussite de la promotion et de chaque étudiant, pour chaque concept testé. La récolte des résultats anonymisés au niveau national est publiée par la commission et permet à l'enseignant de positionner ses étudiants. Pour chaque concept, des outils de remédiation pour les étudiants sont mis à disposition sans date limite. Les enseignants peuvent s'en inspirer s'ils le souhaitent pour animer des remises à niveau.

Cette démarche de mise en place de tests internationaux anglophones validés par la recherche en enseignement reste à faire sur d'autres thèmes (dynamique du solide, etc.), ainsi que de varier les outils

de remédiation pour utiliser d'autres approches (plus technologiques, etc.). Une mesure de l'utilisation des outils de remédiation, devrait permettre à terme de dégager les outils les plus pertinents en terme d'amélioration des résultats.

## References

- [1] P.C. Peters, Even honors students have conceptual difficulties with physics, *American Journal of Physics*, 50(6) (1982).
- [2] J.D. Bransford, A.L. Brown, R.R. Cocking, *How people learn: brain, mind, experience, and school (Expanded Edition)*. Washington, D.C: National Academy Press (2000).
- [3] J.-F. Parmentier, B. Lamine, Que comprennent nos étudiants de la mécanique Newtonienne? M01 Mini Symp. Formation et Pédagogie. Presented at the Congrès Français de Mécanique, Lyon (2015).
- [4] P.C. Price, R.S. Jhangiani, I.-C.A. Chiang, (1444694400). *Research Methods in Psychology*. Chapter 5, Reliability and Validity of Measurement. Retrieved from <https://opentextbc.ca/researchmethods/chapter/reliability-and-validity-of-measurement/>
- [5] <https://www.physport.org/assessments/>, Supporting physics teaching with research-based resources, consulté le 12/03/2019.
- [6] J.-M. De Ketele, X. Roegiers, *Méthodologie du recueil d'informations : fondements des méthodes d'observation, de questionnaire, d'interview et d'étude de documents* De Boeck Supérieur, Louvain-La-Neuve, 2015.
- [7] A. Madsen, S.B. McKagan, E.C. Sayre, Best Practices for Administering Concept Inventories. arXiv:1404.6500 [physics](2014).
- [8] W.K. Adams, C.E. Wieman, Development and Validation of Instruments to Measure Learning of Expert-Like Thinking. *International Journal of Science Education*, 33(9) (2011), 1289–1312.
- [9] J. Martin, J. Mitchell, T. Newell, Development of a concept inventory for fluid mechanics. in : *Frontiers in Education*, 33rd Annual. IEEE, (2003). T3D–T3D.
- [10] D. Hestenes, M. Wells, G. Swackhamer, Force concept inventory. *The Physics Teacher*, 30(3), (1992) 141–158.
- [11] T.F. Scott, D. Schumayer, A.R. Gray, Exploratory factor analysis of a Force Concept Inventory data set. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 8(2), (2012) 020105.
- [12] J.-F. Parmentier, communication personnelle.
- [13] A. Lichtenberger, C. Wagner, S.I. Hofer, E. Stern, A. Vaterlaus, Validation and structural analysis of the kinematics concept test. *Physical Review Physics Education Research*, 13(1), (2017) 010115.
- [14] J.K. Martin, J. Mitchell, T. Newell, Work in progress: analysis of reliability of the fluid mechanics concept inventory. 34th Annual *Frontiers in Education*, (2004). FIE 2004., 557–558.
- [15] P.S. Steif, J.A. Dantzler, A Statics Concept Inventory: Development and Psychometric Analysis. *Journal of Engineering Education*, 94(4), (2005) 363–371.



- [16] P.S. Steif, M. Hansen, Comparisons between performances in a statics concept inventory and course examinations. *International Journal of Engineering Education*, 22(5), (2006) 1070.
- [17] <https://gttaum.wordpress.com/2016/09/15/action-tdmn-resultat-par-niveau-et-formation/> consulté le 21 mars 2019.
- [18] UNIT <http://www.unit.eu/> consulté le 19 mars 2019.