

Journée thématique LEFE/MANU, 21 décembre 2017, LMD, Paris

## **Enseigner les méthodes mathématiques et numériques aux étudiants et étudiantes en géosciences**

### COMPTE RENDU

#### **1. Organisation de la journée**

Une journée thématique sur l'enseignement des méthodes mathématiques et numériques aux étudiants en géosciences s'est déroulée au LMD (ENS, Paris) le jeudi 21 décembre 2017. Cette journée était organisée par le CS de l'action LEFE/MANU. La journée a rassemblé 25 participants, principalement des enseignants-chercheurs d'universités françaises, et couvrant un spectre large de thématiques géoscientifiques, bien au-delà du périmètre LEFE.

La journée s'est tenue selon le programme suivant, permettant d'accorder beaucoup de temps aux discussions, même pendant le cours des présentations.

#### **Programme:**

10h00: Introduction de la journée

10h30: Restitution de 3 enquêtes :

- auprès des étudiants
- auprès des employeurs
- auprès des participants à la journée

11h00: Discussion ouverte

12h30: Repas (offert)

14h00: Ateliers en groupes

15h30: Restitution des ateliers

16h45: Conclusions

Les objectifs de la journée ont été :

- De faire un état des lieux :
  - Réévaluer les attendus et les besoins des étudiants et des employeurs
  - Réévaluer nos formations actuelles en regard du besoin
- Nous préparer à faire évoluer notre enseignement :
  - Identifier les fondamentaux incontournables à transmettre (notions maths, outils, méthodes de travail...)
  - Identifier des moyens pédagogiques (pédagogie active, outils)
- Eventuellement, identifier des actions collectives à démarrer

#### **2. Motivations de la journée**

Les étudiants en géosciences doivent acquérir des connaissances en méthodes Mathématiques et Numériques (MANU) car (i) c'est utile pour leur avenir professionnel, et (ii) ces connaissances peuvent être avantageusement utilisées pour l'apprentissage disciplinaire.

C'est utile à leur avenir professionnel car :

- C'est un lot de compétences transférables à d'autres applications/disciplines ;
- Cela développe leur aptitude à communiquer avec des spécialistes MANU ;
- Cela leur donne un profil mieux adapté à de nombreux sujets de thèse actuels ;
- Il y a un besoin (croissant) de personnes polyvalentes en géosciences/MANU dans certaines entreprises ou organismes publics ;

Ces connaissances peuvent être utilisées pour l'apprentissage disciplinaire car :

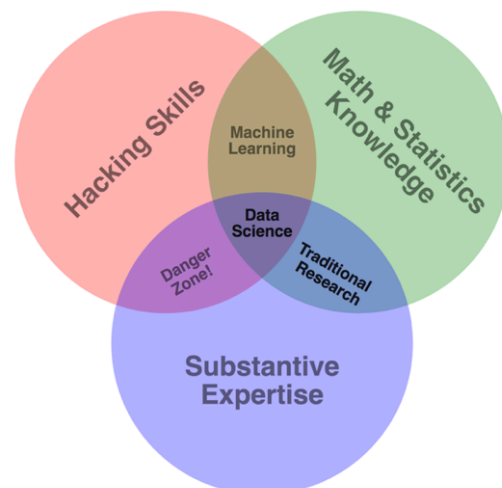
- De nombreuses connaissances très géophysiques se construisent sur des concepts mathématiques : *Taking students into the field on a nice summer day does not familiarize them with the intrinsic variability of Earth surface processes and high-magnitude, low-frequency events. Students need to learn statistics and time-series analysis.* (Campbell et al 2013)
- La simplicité de certains outils modernes (plateforme pédagogique, jupyterhub par exemple) permet un accès rapide et convivial aux concepts de fond (algèbre linéaire, notions de champ 3D, 4D, etc) mais également à des algorithmes plus complexes devenus faciles à utiliser mais dont la « zone de danger » est plus grande.
- La simplicité de l'accès à de nombreux (et gros) jeux de données permet leur manipulation et un apprentissage empirique de la modélisation numérique.

Nos étudiants en géosciences manifestent cependant un intérêt peu marqué envers les méthodes MANU, et présentent de grandes carences dans de nombreux concepts fondamentaux, bien que la plupart d'entre eux sont conscients de l'utilité, voire du caractère incontournable de cet apprentissage. En outre, les géosciences sont d'une façon générale toujours plus quantitative et pointues, mobilisant un bagage croissant de compétences en méthodes MANU.

Au cours de la dernière décennie, nous avons vécu de grandes évolutions dans le contexte de la pédagogie, de l'usage et des outils MANU :

- l'avènement de la pédagogie active dans les universités,
- l'apparition d'outils très conviviaux pour mettre en œuvre les méthodes MANU (comme mentionné plus haut),
- la vision « science de la donnée » formalisant le continuum entre observations de terrain ou labo et les outils d'analyse et de modélisation (figure), et rendant caduque la classique séparation entre enseignement disciplinaire et

*Définition de la science de la donnée ([drewconway.com](http://drewconway.com)), à l'interface entre la connaissance théorique, l'expertise disciplinaire, et la compétence en hacking (capacité à collecter, manipuler des données).*



enseignement des outils.

Ce constat a conduit le CS LEFE/MANU à revisiter le sujet de l'enseignement des méthodes MANU aux étudiants en géosciences, et à proposer cette journée thématique.

### **3. Principales conclusions**

Du point de vue des méthodes MANU, notre objectif (dans nos formations) n'est pas de former des experts des méthodes MANU, mais des scientifiques capables de discuter avec des experts (mathématiciens appliqués), et capables de développer un jugement pertinent sur le contenu géoscientifique d'un résultat numérique. Les principaux points soulevés et discutés au cours de la journée sont précisés ci-dessous.

#### ***3.1. Développer le sens critique***

Il est essentiel d'aider et de permettre aux étudiants de développer leur **sens critique** à l'égard de toutes les informations auxquelles ils sont confrontés (éloignement de la *danger zone* de la figure). C'est une compétence indispensable à leur avenir, mais aussi, la mobilisation du sens critique et la mise en situation de 'conflit cognitif' sont des vecteurs d'apprentissage extrêmement efficaces. Cela peut passer par :

- L'analyse d'exemples « école » d'erreurs d'interprétation lors de l'utilisation de concepts mal contrôlés (par exemple, la signification d'une corrélation) ;
- L'examen de codes qui compilent bien mais qui donnent un résultat erroné (danger de l'utilisation de logiciels « boîtes noires ») ;

#### ***3.2. Développer le niveau en MANU par des méthodes appropriées***

Il est nécessaire de développer le niveau des étudiants en MANU, mais en tenant compte de leur acquis (ou faiblesses, avec l'inhibition qui vient avec) et de l'objectif fixé (en particulier, ne pas former des experts). Cela peut par exemple se faire :

- En essayant de comprendre « à la main » ce qui est fait dans un code (savoir écrire l'équation mais pas forcément la résoudre) ;
- En interprétant un jeu de données à partir de sa visualisation avec des outils adaptés ;
- En mettant en œuvre des séries de test pour comprendre des lignes de code.

Il est indispensable que la manipulation des outils MANU (théoriques et numériques) soit régulièrement distribuée au cours du cursus universitaire, et pas forcément de façon intensive au sein d'UE dédiées (en particulier, développement de la compétence *hacking* dans le jargon science de la donnée). Chaque UE pourrait par exemple inclure un TP portant sur une exploration et une analyse de données géophysiques.

#### ***3.3. Pédagogies actives***

Les discussions de la journée et une présentation dédiée aux pédagogies actives ont mis en évidence le caractère indispensable et bien adapté de ces approches de l'enseignement pour les méthodes MANU. En effet, les méthodes de pédagogie active se fondent sur la mobilisation du sens critique de l'apprenant ou de l'apprenante, et sur son appropriation des concepts et outils. Ces deux éléments sont exactement deux objectifs

recherchés par l'enseignement des méthode MANU. L'aspect possiblement collaboratif de certaines approches de pédagogie active est aussi un atout certain pour vaincre l'inhibition des étudiants à l'égard des méthodes MANU.

L'investissement en temps est souvent la principale barrière à la mise en place de méthodes pédagogiques actives. Lors des ateliers de la journée thématique (1 heure), un groupe de 6 personnes a collectivement élaboré le squelette d'une version « active » d'un module existant d'océanographie de licence.

### ***3.4. Articulation université/employeurs***

Il nous faut peut-être penser nos formations plus axées vers le développement de compétences ; se conformer à une honnêteté intellectuelle consistant à former des jeunes que nous aurions nous-mêmes envie d'embaucher (pour un stage, une thèse...).

L'examen de l'enquête auprès d'un nombre (beaucoup trop faible) d'employeurs a mis en évidence qu'il faudrait s'organiser au niveau national pour que les entreprises soient conscientes du contenu de nos formations. Les compétences de nos étudiants de master sont clairement méconnues. Les stages seraient un vecteur de communication naturel.

Les participants et participantes de la journée ont souligné le besoin de ce type d'enquête pour motiver l'évolution de nos formations vers une meilleure présence des méthodes MANU.

### ***3.5. Actions possibles***

Les enseignants et enseignantes pourraient largement bénéficier de l'existence d'un portefeuille d'outils (codes, notebooks, documents de TD , TP, etc) ou plus simplement de références (urls, wikipedia, etc) pour leur enseignement. Des actions d'animation régulières permettraient de développer et entretenir une dynamique nationale, en particulier pour se tenir informé de l'évolution des outils MANU et des enjeux de nos formations.

Une enquête plus élaborée et plus large auprès des entreprises potentiellement employeuses de nos étudiants mériterait d'être réalisée.

Le CS de l'action LEFE/MANU aurait toute légitimité à prendre cela en charge, avec par exemple 3 enseignants-chercheurs à la barre. Une première étape pourrait être la création d'un portail collaboratif (solution technique à définir) permettant aux collègues de mettre à disposition leurs contributions. Simplement structurer et pointer vers les sites où les collègues ont déjà placé du matériel en ligne serait une avancée.