

THESE DE DOCTORAT DE

L'UNIVERSITE
DE BRETAGNE OCCIDENTALE
COMUE UNIVERSITE BRETAGNE LOIRE

ECOLE DOCTORALE N° 603
Education, Langages, Interaction, Cognition, Clinique
Spécialité : Didactique des mathématiques

Par

Pierre-Vincent QUÉRÉ

Les mathématiques dans la formation des ingénieurs et sur leur lieu de travail : études et propositions (cas de la France)

TOME 2 : ANNEXES

Thèse présentée et soutenue à Rennes, le 28 juin 2019

Unité de recherche : *Centre de Recherche sur l'Éducation les Apprentissages et la Didactique*

Rapporteurs avant soutenance : **Composition du Jury :**

Marianna BOSCH, HDR, Professeur, IQS School of Management, Universitat Ramon Llull, Barcelone

Viviane DURAND-GUERRIER HDR, Professeur, Université de Montpellier, Institut Montpellierain Alexander Grothendieck (IMAG), Montpellier

Jean-Marie BOILEVIN, HDR, Professeur, ESPE de Bretagne, Rennes, Président du Jury

Marianna BOSCH, HDR, Professeur, IQS School of Management, Universitat Ramon Llull, Barcelone

Viviane DURAND-GUERRIER HDR, Professeur, Institut Montpellierain Alexander Grothendieck (IMAG), Université de Montpellier

Alejandro S. GONZÁLEZ-MARTÍN, Professeur, Département de Didactique, Faculté des Sciences de l'Éducation, Université de Montréal

Cécile OUVRIER-BUFFET, HDR, Professeur, ESPE de Créteil, Université Paris-Est Créteil

Ghislaine GUEUDET, HDR, Professeur, ESPE de Bretagne, Rennes
Directrice de thèse

Table des matières

1	Annexes du chapitre 1	5
1.1	Formation des ingénieurs par pays	6
1.2	Programme d'une classe de première année d'un CPI	7
1.3	Programme d'une classe de deuxième année d'un CPI	18
1.4	Cours de Marianne sur l'algèbre linéaire	25
1.5	TD de Marianne en algèbre linéaire	27
2	Annexes du chapitre 2	29
2.1	Le questionnaire aux ingénieurs	30
2.2	Transcriptions des entretiens avec six ingénieurs	40
2.3	Fiches synoptiques des ingénieurs participant aux entretiens	86
3	Annexes du chapitre 3	105
3.1	Transcriptions des entretiens avec six enseignants	106
3.2	Le cours de Marianne sur l'intégrale de Riemann	183
4	Annexes du chapitre 4	185
4.1	Les exercices des entretiens en CPI	186
4.2	Travaux des étudiants du CPI sur les exercices	188
5	Annexes du chapitre 5	227
5.1	Journal de suivi du PER	228
5.2	Formulaire de suivi du PER	233
5.3	Premiers axes d'étude choisis par les étudiants dans le PER	235
5.4	Compte-rendu final du PER	236
5.5	Menus du compte-rendu final du PER	265
5.6	Grille d'évaluation du PER	266
5.7	Procédure de tests, cours de chimiométrie	267
5.8	Transcription de l'entretien avec Romuald	268

Annexes du chapitre 1

1.1 Formation des ingénieurs par pays

Pays	Titres	Diplômes	Universités	Ecoles
Allemagne	Diplomingénieur (Universität) (Fachhochschule)	Dipl.-Ing. Dipl.-Ing.Univ. (in Bayern) Dipl.-Ing.(FH)	4,5 Jahre	3 bis 3,5 Jahre
Autriche	Diplomingénieur	Dipl Ing	5 ans	
Belgique	Ingenieur Civil Ingenieur Agronome Ingenieur Chimiste et des industries agricoles Ingenieur Industriel	Ir Ir Ir Ing	5 ans 5 ans 5 ans	4 ans
Danemark	Akademiingeniør Civilingeniør Teknikumingeniør		4 ans 4 à 5 ans1/2	3 à 4 ans
Espagne	Ingeniero Tecnico Ingeniero Superior		3 ans 6 ans	
Finlande	Diplomi-insinööri Insinööri	Dipl. Ins	5 ans	4 ans
France	Ingénieur diplômé		5 ans	5 ans
Grèce	Diploma Michanikou	Dipl. Ing	5 ans	
Hongrie	Diplom-Ingenieur Diplom-Fachhochschulingenieur	Dipl.-Ing Dipl.-Ing.(FH)	5 ans	3 ans
Irlande	Bachelor of Engineering Bachelor in the Art of Engineering Bachelor of Science	BE BA BSc	4 Jahre 4 Jahre 4 Jahre	
Italie	Dottore in Ingegneria	Dott. Ing.	5 ans	
Islande	Verkfræðingur Tæknifræðingur		4 ans	3 ans
Luxembourg	Ingénieur technicien			3 ans
Malte	Bachelor of Engineering	BEng	4 ans	
Norvège	Sivilingeniør Ingeniør		5 ans	3 ans
Pays-Bas	Ingenieur Ingenieur Ingenieur Bachelor	Ir Ing B	4 ans	3 ans 3 ans
Pologne	Magister Inzynier Inzynier	Mag.Inz. Inz.	5, 6 ans	3, 4, 5 ans
Portugal	Licenciado Engenheiro		5 ans	
République tchèque	ingenieur	Ing	5 ans	
Roumanie	Inginer		5 ans	
Royaume-Uni	Master of Engineering Bachelor of Science Bachelor of Engineering Bachelor of Arts	Meng BSc Beng BA	4 ans 3 ans 3 ans 3 ans	
Suisse	Diplomingénieur ETH Ingenieur Diplom Ecole Polytechn Fédéral de Lausanne Diplomingénieur HTL	Dipl.-Ing.ETH Ing.- Dipl.EPFL Dipl.-Ing.HTL	4, 5 ans 4, 5 ans 4, 5 ans	3 ans
Suède	Civilingenjör Bergsingenjör		4, 5 ans 4, 5 ans	
Slovénie	Ingenieur	Ing	5 ans	

1.2 Programme d'une classe de première année d'un CPI

Programme de mathématiques en 1^{re} année de CPI

Classes préparatoires intégrées
(version : juin 2014)

Organisation de l'année :

- découpage en six grandes parties, qui correspondent approximativement aux périodes de classe entre les différentes vacances scolaires ;
- durée de chaque période : 5 à 6 semaines, ou 25 à 30 heures de cours/TD pour les élèves (total : entre 160 et 180 heures par an selon les centres).

Idées générales :

- avec les réformes récentes de l'enseignement des mathématiques au lycée, les élèves risquent d'avoir plus de difficultés que par le passé pour tout ce qui concerne les outils de base en mathématiques : calcul, manipulation d'expressions, etc.
- il faudra faire en sorte de les accompagner davantage dans les énoncés de TD et de devoirs : rajouter des questions intermédiaires, donner le résultat de certains calculs, etc.
- les deux grandes nouveautés du programme de PCSI (probabilités et statistiques d'une part, séries numériques d'autre part) seront traitées en deuxième année de CPI, l'accent devant être mis en première année sur la maîtrise des notions qui étaient déjà au programme ;
- de manière générale, il faut insister sur les aspects pratiques, et rester modeste sur les attentes théoriques.

Concernant l'évaluation :

- 6 devoirs de 2 h au cours de l'année (un pour valider chaque période) ;
- des interrogations écrites intermédiaires (rapides), autant que nécessaire.

Période 1 : Outils mathématiques essentiels

Objectifs :

- faire le point sur les acquis du lycée ;
- revoir et consolider les outils de base déjà étudiés ;
- manipuler les inégalités dans \mathbb{R} ;
- savoir étudier les fonctions de \mathbb{R} dans \mathbb{R} ;
- calculer des dérivées et des primitives ;
- résoudre des équations différentielles.

Les notions abordées ici doivent l'être par l'exemple et par la pratique ! Les définitions rigoureuses seront données plus tard dans l'année. Il faut essayer au maximum d'illustrer les différentes notions présentées avec des exemples pris en physique et en chimie, proposer des exercices simples, mais qui font apparaître les problématiques classiques pour chaque notion abordée.

Attention ! Les équations différentielles ne sont plus abordées au lycée : il faudra en tenir compte. fonction tangente hyperbolique et les fonctions hyperboliques réciproques sont hors programme.

Rappels sur les fonctions	Fonctions usuelles vues en lycée : ensemble de définition, représentation graphique. Calculs simples de dérivées et de primitives. Équation de la tangente en un point. Fonction nouvelle : tangente. Fonctions de plusieurs variables. Dérivées partielles. Notion de différentielle.
Équations et inéquations dans \mathbb{R}	Équations du second degré. Équations faisant intervenir les fonctions usuelles. Résolution par le calcul : factorisation, manipulation d'expressions algébriques. Résolution graphique. Majoration, minoration de sommes, de produits, de quotients. Valeur absolue.
Systèmes d'équations	Exemples de systèmes linéaires 2×2 ou 3×3 . Résolution par la méthode du pivot de Gauss (sur des exemples). Trouver deux nombres connaissant leur somme et leur produit.
Équations différentielles	Équations différentielles linéaires du premier ordre à coefficients constants. Résolution d'une équation homogène. Forme des solutions : solution particulière + solutions de l'équation homogène. Principe de superposition. Existence et unicité pour un problème de Cauchy. Lien avec la physique : modélisation des circuits RC, RL. Équations différentielles du type $\frac{dx}{dt} = kx^\alpha$ (cinétique chimique). Résolution par séparation des variables.
Géométrie des coniques	Équation d'un cercle, d'une ellipse et d'une hyperbole centrés en l'origine. Formulaire de référence (pour la physique).

Période 2 : Nombres et polynômes

Les notions de base de « logique, ensembles, applications » sont à intégrer dans cette période. La formule du binôme de Newton et les coefficients binomiaux peuvent être abordés dans l'un des chapitres au choix.

Nombres complexes et trigonométrie

Objectifs :

- aspects algébriques : calcul dans \mathbb{C} , résolution d'équations complexes ;
- aspects géométriques : transformations du plan ;
- exponentielle complexe et trigonométrie.

Attention ! Le programme de Terminale S a été allégé sur les nombres complexes et la trigonométrie. Par exemple, la fonction tangente n'est plus étudiée par les élèves. En tenir compte ! En trigonométrie, les formules $\cos p + \cos q$ ne sont plus exigibles directement, mais les élèves doivent savoir les retrouver. Les similitudes sont hors programme, ce qui n'empêche pas de les nommer dans le cours.

Définition d'un nombre complexe	Partie réelle, partie imaginaire. Opérations sur les nombres complexes. Conjugaison. Lien avec le plan usuel. Affixe.
Module d'un nombre complexe	Définition. Relation $ z = z\bar{z}$. Module d'un produit, d'un quotient. Inégalité triangulaire (avec cas d'égalité). Interprétation géométrique.
Nombres complexes de module 1 et trigonométrie	Cercle trigonométrique. Fonctions circulaires cos, sin, tan. Définition de e^{it} pour t réel. Relation $e^{i(t+t')} = e^{it}e^{it'}$. Factorisation de $1 \pm e^{it}$. Formulaire de trigonométrie. Formules d'Euler. Formule de Moivre.
Arguments d'un nombre complexe	Linéarisation. Calcul de $\sum_{k=0}^n \cos(kt)$ et $\sum_{k=0}^n \sin(kt)$. Définition. Écriture $re^{i\theta}$ avec $r > 0$ et $\theta \in \mathbb{R}$. Congruence modulo 2π . Argument d'un produit, d'un quotient. Transformation de $a \cos(t) + b \sin(t)$ en $A \cos(t - \phi)$ (lien avec la physique).
Équations à inconnue complexe	Racines carrées d'un nombre complexe. Discriminant d'un trinôme. Somme et produit des racines. Racines n -ièmes de l'unité. Équation $z^n = a$. Représentation géométrique des solutions.
Exponentielle complexe	Définition : $e^z = e^{\operatorname{Re}(z)} e^{i \operatorname{Im}(z)}$. Exponentielle d'une somme. $e^z = e^{z'}$ si et seulement si $z - z' \in 2i\pi\mathbb{Z}$.
Nombres complexes et géométrie du plan	Traduction de l'alignement et de l'orthogonalité. Rotations, translations, homothéties. Interprétation de $z \mapsto \bar{z}$.

Polynômes

Objectifs :

- manipuler de nouveaux objets formels ;
- interagir avec l'algèbre linéaire (plus tard dans l'année).

Le corps de base \mathbb{K} se limite à \mathbb{R} ou \mathbb{C} .

L'ensemble $\mathbb{K}[X]$	Définition. Opérations : somme, produit, composée de polynômes. Degré. Coefficient dominant. Degré d'une somme, d'un produit. Ensembles $\mathbb{K}_n[X]$. Fonction polynomiale associée à un polynôme.
Divisibilité dans $\mathbb{K}[X]$	Diviseurs, multiples. Division euclidienne de polynômes. Informatique : algorithme d'Euclide pour les entiers.
Dérivation dans $\mathbb{K}[X]$	Dérivée formelle de polynômes. Linéarité de la dérivation. Dérivée d'un produit. Dérivée k -ième.
Racines	Définition. Caractérisation par la divisibilité. Nombre maximal de racines d'un polynôme de degré n . Multiplicité d'une racine. Caractérisation par les dérivées successives. Polynômes scindés sur \mathbb{K} .
Décomposition dans $\mathbb{C}[X]$ et $\mathbb{R}[X]$	Théorème de d'Alembert-Gauss (démonstration hors-programme). Polynômes irréductibles de $\mathbb{C}[X]$, de $\mathbb{R}[X]$. Théorème de décomposition en facteurs irréductibles dans $\mathbb{C}[X]$, dans $\mathbb{R}[X]$.

Dénombrement

Les probabilités seront traitées en deuxième année de CPI. On pourra éventuellement traiter dans ce chapitre de petits exercices de probabilités qui se ramènent à du dénombrement (par équiprobabilité).

Cardinal d'un ensemble fini	Définition. Lien avec la bijectivité entre ensembles finis. Opérations : cardinal d'une réunion, du complémentaire, d'un produit cartésien. Cardinal de E^F et de $\mathcal{P}(E)$ pour E, F ensembles finis.
Listes et combinaisons	Nombre de p -listes (ou p -uplets) d'un ensemble. Nombre d'injections. Nombre de permutations d'un ensemble. Nombre de bijections. Nombre de parties à p éléments d'un ensemble (ou p -combinaisons).

Période 3 : Suites et fonctions

Nombres réels et suites numériques

Objectifs :

- donner les propriétés fondamentales de \mathbb{R} , et les appliquer à l'étude des suites qui apparaissent aussi bien dans les aspects théoriques (approximation des nombres réels) que pratiques (modélisation de phénomènes discrets) ;
- savoir étudier le sens de variation, la convergence et la limite d'une suite.

Ne pas détailler la construction de \mathbb{R} (donner éventuellement quelques grandes idées). Éventuellement : brève extension aux suites complexes.

L'ensemble \mathbb{R}	Relation d'ordre \leq : majorant, minorant, maximum, minimum. Borne supérieure, borne inférieure. Partie entière. Approximations décimales. Intervalles de \mathbb{R} .
Suites réelles	Définition : explicite, implicite ou par récurrence. Suites croissantes, décroissantes, stationnaires. Suites majorées, minorées. Suites arithmétiques, géométriques, récurrentes linéaires d'ordre 2. Étude de suites récurrentes $u_{n+1} = f(u_n)$ sur des exemples.
Limite d'une suite réelle	Définition d'une limite finie ou infinie. Unicité de la limite. Suites convergentes, divergentes. Opérations sur les limites : combinaisons linéaires, produit, quotient. Stabilité des inégalités larges par passage à la limite.
Théorèmes d'existence d'une limite	Convergence par encadrement. Divergence par minoration ou majoration. Théorème de la limite monotone. Théorème des suites adjacentes.
Suites extraites	Définition. Cas d'une suite convergente. Utilisation des suites extraites pour montrer la divergence d'une suite.

Limites, continuité et dérivabilité

Objectifs :

- formaliser les résultats utilisés d'un point de vue calculatoire en début d'année ;
- introduire les fonctions nouvelles (circulaires réciproques, hyperboliques).

Éventuellement : brève extension aux fonctions à valeurs complexes.

Généralités sur les fonctions	Fonctions monotones. Fonctions majorées, minorées, bornées. Extremum local.
Limite en un point	Limite finie ou infinie d'une fonction en $a \in \mathbb{R}$, en $\pm\infty$. Unicité. Limite à droite, limite à gauche. Opérations sur les limites (en adaptant depuis les suites). Théorèmes : encadrement, majoration, minoration, limite monotone.
Continuité en un point	Définition. Continuité à droite et à gauche. Prolongement par continuité. Image d'une suite de limite a par une fonction continue en a . Opérations : combinaisons linéaires, produit, quotient, composition.
Continuité sur un intervalle	Définition. Opérations. Théorème des valeurs intermédiaires. Informatique : algorithme de dichotomie. Image d'un intervalle par une fonction continue. Toute fonction continue sur un segment est bornée et atteint ses bornes. Théorème de la bijection réciproque. Graphe d'une réciproque.
Nombre dérivé, fonction dérivée	Définition. Développement limité à l'ordre 1. Interprétation géométrique. Dérivées d'ordre supérieur. Lien avec la physique et la chimie (vitesse instantanée). Dérivabilité implique continuité. Dérivabilité à droite et à gauche. Dérivabilité et dérivée sur un intervalle. Informatique : méthode de Newton. Opérations : combinaisons linéaires, produit, quotient, composée, réciproque.
Propriétés des fonctions dérivables	Extremum local : condition nécessaire en un point intérieur. Théorème de Rolle. Égalité et inégalité des accroissements finis. Informatique : algorithme du point fixe pour les applications contractantes. Caractérisation des fonctions constantes, croissantes, strictement croissantes. Théorème de la limite de la dérivée.
Étude d'une fonction	Recherche des symétries et périodicités. Tableau de variation. Application à la recherche d'extrema et à l'obtention d'inégalités. Asymptotes horizontales, verticales et graphe.
Fonctions de classe \mathcal{C}^k	Définition. Opérations. Formule de Leibniz pour le produit.
Fonctions usuelles	Fonctions cosinus et sinus hyperboliques. Croissances comparées des fonctions logarithmes, puissances et exponentielles. Fonctions circulaires réciproques.

Période 4 : Calcul matriciel

Systèmes linéaires et calcul matriciel

Objectifs :

- préparer le cours d’algèbre linéaire théorique de fin d’année ;
- introduire le calcul matriciel par la résolution des systèmes linéaires ;
- savoir appliquer la méthode du pivot de Gauss en pratique.

Mettre impérativement l’accent sur la pratique, avec des exemples en petites dimensions qui permettent de saisir les grandes idées.

Généralités sur les systèmes linéaires	Équation linéaire. Systèmes d’équations linéaires. Interprétations géométriques. Matrice d’un système linéaire (tableau rectangulaire de nombres). Opérations élémentaires sur les lignes : $L_i \leftrightarrow L_j$, $L_i \leftarrow L_i + \lambda L_j$, $L_i \leftarrow \lambda L_i$. Systèmes linéaires équivalents.
Méthode du pivot de Gauss	Décrire l’algorithme. L’appliquer sur des exemples. Informatique : savoir programmer l’algorithme en pratique.
Solutions d’un système linéaire	Inconnues principales, inconnues secondaires (ou paramètres). Systèmes compatibles, incompatibles. Interprétation géométrique (intersections dans le plan et dans l’espace). Rang d’un système linéaire. Lien avec le nombre de paramètres.
Ensembles de matrices	Ensemble $\mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})$ des matrices à n lignes et p colonnes. Opérations : combinaisons linéaires, produit. Propriétés du produit. Ensemble $\mathcal{M}_n(\mathbb{K})$ des matrices carrées. Puissances d’une matrice carrée. Formule du binôme. Matrices diagonales, triangulaires.
Opérations élémentaires	Matrices élémentaires : transvection, transposition, dilatation. Traduction de l’algorithme du pivot de Gauss.
Matrices carrées inversibles	Définition. Matrice inverse. Inverse d’un produit. Caractérisation des matrices inversibles en lien avec les systèmes linéaires. Calcul de l’inverse par résolution d’un système linéaire.
Transposition	Transposée d’une matrice. Matrices symétriques, antisymétriques. Transposée d’une somme, d’un produit, d’une matrice inverse.

Géométrie vectorielle élémentaire

Géométrie élémentaire vectorielle du plan et de l’espace	Introduction à l’algèbre linéaire. Déterminants de taille 2 et 3.
Matrice d’une application linéaire de \mathbb{R}^n dans \mathbb{R}^n ($n = 2$ ou 3)	Aperçu des applications linéaires à partir d’exemples géométriques. Calcul des coordonnées de l’image d’un vecteur par une application linéaire. Lien entre matrices inversibles et applications linéaires réciproques.

Période 5 : Calcul intégral et approximations

Intégration

Objectifs :

- définir l'intégrale d'une fonction continue sur un segment ;
- donner les propriétés fondamentales de l'intégrale ;
- faire le lien entre intégration et primitivation ;
- justifier et consolider les calculs faits en début d'année.

Insister sur la pratique, tout en restant modeste sur les aspects techniques de calcul. Attention ! L'intégration par parties n'est plus vue au lycée : pratiquer sur de nombreux exemples, comme pour le changement de variables. Éventuellement : brève extension aux fonctions à valeurs complexes.

Définition de l'intégrale

Intégrale d'une fonction continue sur un segment $[a; b]$ (aucune construction imposée).

Interprétation en termes d'aire.

Linéarité, positivité et croissance de l'intégrale. Savoir majorer, minorer des intégrales.

$$\text{Inégalité } \left| \int_a^b f \right| \leq \int_a^b |f|.$$

Relation de Chasles.

Une fonction de signe constant et d'intégrale nulle est nulle.

Sommes de Riemann

Définition. Interprétation géométrique.

Informatique : méthode des rectangles, des trapèzes.

Calcul intégral à l'aide de primitives

Primitives d'une fonction continue sur un intervalle.

Description de l'ensemble des primitives connaissant l'une d'entre elles.

Primitives des fonctions sinus, cosinus, tangente, exponentielle, logarithme, $x \mapsto$

$$\frac{1}{1+x^2}, x \mapsto \frac{1}{\sqrt{1-x^2}}.$$

Les étudiants doivent savoir calculer les primitives des fonctions du type $x \mapsto \frac{1}{ax^2 + bx + c}$ et reconnaître les dérivées de fonctions composées.

Intégration par parties, changement de variables

Application au calcul de primitives. Tout excès de technicité est exclu. Les méthodes d'intégration des fractions rationnelles en cosinus ou sinus, celles des racines de fonctions homographiques ou de polynômes du second degré sont hors programme.

Formule de Taylor avec reste intégral

Application à la formule de Taylor pour les polynômes.

Développements limités

Objectifs :

- familiariser les élèves avec les techniques asymptotiques de base ;
- connaître les développements limités usuels et les utiliser pour mener à bien des calculs asymptotiques simples.

Les relations de comparaison pour les suites et pour les fonctions peuvent être abordés ici, ou bien intégrés aux chapitres concernés plus tôt dans l'année. Insister sur la pratique ! Composition de développements limités : uniquement sur des exemples simples. Développements asymptotiques hors programme : guider la démarche sur quelques exemples.

Comparaison des suites	Domination, négligeabilité, équivalence. Croissances comparées usuelles. Lien entre les relations de comparaison. $u_n \sim v_n \iff u_n - v_n = o(v_n)$. Opérations sur les équivalents : produit, quotient, puissances. Propriétés conservées par équivalence : signe, limite.
Comparaison des fonctions	Adaptation des résultats sur les suites (en un point ou à l'infini).
Développements limités	Définition. Unicité. Troncature. Équivalence avec le premier terme non nul. Opérations : combinaisons linéaires, produit, quotient. Formule de Taylor–Young. Développements limités usuels.
Applications	Calcul d'équivalents et de limites. Étude locale et globale de fonctions. Détermination d'asymptotes (sur des exemples simples).

Période 6 : Algèbre linéaire et dimension finie

Espaces vectoriels de dimension finie

Objectifs :

- faire suite à l'approche calculatoire sur les systèmes linéaires ;
- généraliser les objets de la géométrie du plan et de l'espace ;
- introduire la notion de dimension et montrer ses applications.

S'appuyer sur l'intuition géométrique en petites dimensions pour illustrer les résultats. Le corps \mathbb{K} est limité à \mathbb{R} ou \mathbb{C} .

Espaces et sous-espaces vectoriels	Structure d'espace vectoriel. Exemples de référence. Combinaisons linéaires d'un nombre fini de vecteurs. Sous-espaces vectoriels. Caractérisation. Sous-espace engendré par une famille de vecteurs. Intersection de sous-espaces vectoriels. Somme de deux sous-espaces vectoriels. Somme directe. Caractérisation par l'intersection. Sous-espaces supplémentaires.
Familles de vecteurs	Famille libre, famille liée. Vecteurs linéairement indépendants. Famille génératrice d'un sous-espace vectoriel. Base. Coordonnées d'un vecteur dans une base. Bases canoniques de référence. Base adaptée à une somme directe.
Dimension finie	Définition (admettre une famille génératrice finie). Théorèmes de la base extraite, de la base incomplète. Définition de la dimension. Exemples de référence. Rang d'une famille finie de vecteurs. Caractérisation des familles libres.
Sous-espaces en dimension finie	Dimension d'un sous-espace vectoriel. Cas d'égalité. Supplémentaires d'un sous-espace vectoriel et dimension. Caractérisation. Dimension de la somme de deux sous-espaces vectoriels.

Applications linéaires et matrices

Objectifs :

- formaliser les calculs matriciels effectués en résolution des systèmes linéaires ;
- faire le lien avec les aspects plus géométriques vus sur les espaces vectoriels.

Généralités	Applications linéaires. Endomorphismes. Opérations : combinaisons linéaires, composée. Image et noyau. Caractérisation de l'injectivité grâce au noyau.
Isomorphismes	Définition. Automorphismes. Réciproque d'un isomorphisme. Composée. Groupe linéaire $GL(E)$. Caractérisation par les bases. Espaces isomorphes. Caractérisation par la dimension.
Endomorphismes remarquables	Identité et homothéties. Projecteurs et symétries associés à deux sous-espaces vectoriels. Caractérisation.
Rang d'une application linéaire	Définition. Invariance par composition avec un isomorphisme. Théorème du rang.
Matrices	Matrice d'une application linéaire dans un couple de bases. Calcul des coordonnées de l'image d'un vecteur par une application linéaire. Matrice d'une combinaison linéaire, d'une composée. Lien entre matrices inversibles et isomorphismes. Matrice de passage d'une base à une autre.
Noyau, image et rang d'une matrice	Application linéaire canoniquement associée à une matrice. Image et noyau d'une matrice. Rang. Théorème du rang. Caractérisation des matrices inversibles en termes de noyau, d'image, de rang. Conservation du rang par multiplication par une matrice inversible. Rang de la transposée.

1.3 Programme d'une classe de deuxième année d'un CPI

PROGRAMME DE MATHÉMATIQUES

Cycles préparatoires

Deuxième année

Le programme de deuxième année de CPI, dans le prolongement de celui de première année, s'inscrit entre deux continuités : en amont avec les programmes rénovés du lycée, en aval avec les enseignements dispensés dans les grandes écoles de la fédération . Il est conçu pour amener progressivement tous les étudiants au niveau requis pour poursuivre avec succès un cursus d'ingénieur, de chercheur, d'enseignant, de scientifique et aussi pour leur permettre de se former tout au long de la vie.

Idées générales :

Le programme d'algèbre linéaire comprend deux volets. Le premier prolonge et complète l'étude abordée en première année pour aboutir à la théorie de la réduction. Le second, consacré à l'algèbre euclidienne, met l'accent sur les relations entre les points de vue vectoriel, matriciel et géométrique.

Le programme d'analyse comprend plusieurs parties.

Les séries numériques viennent compléter l'étude des suites numériques abordée en première année et sera utilisée dans la partie consacrée aux probabilités.

Les séries entières permettent de construire des fonctions à variables complexes et de fournir un outil pour la résolution d'équations différentielles linéaires. Elles seront également utiles dans la partie consacrée aux probabilités.

L'étude de l'intégration, entamée en première année se poursuit dans le cadre des fonctions continues par morceaux sur un intervalle quelconque.

Le calcul différentiel à plusieurs variables fournit des méthodes et des outils opérationnels pour résoudre des problèmes pouvant être issus d'autres disciplines scientifiques (recherche d'extrémums, équations aux dérivées partielles). Cette partie est l'occasion de présenter des outils de géométrie différentielle favorisant la visualisation et les interprétations géométrique.

Le programme de probabilités a pour but de présenter brièvement et rigoureusement le formalisme probabiliste de Kolmogorov qui sera repris dans le cursus ultérieur des étudiants. Son objectif majeur est l'étude des variables aléatoires finies et discrètes. Cette partie a vocation à utiliser des résultats obtenus dans d'autres parties du programme.

Evaluation :

L'année étant organisée en deux semestres, chaque semestre comportera un contrôle continu de deux heures en milieu de semestre et un contrôle terminal de trois heures en fin de semestre. Le poids de chaque épreuve étant proportionnel à sa durée.

Algèbre linéaire

Dans toute cette partie, \mathbb{K} désigne \mathbb{R} ou \mathbb{C} .

Espaces vectoriels, endomorphismes et matrices

Le programme est organisé autour de deux objectifs :

- consolider les acquis de première année
- étudier de nouveaux concepts : somme de plusieurs sous-espaces vectoriels, sous-espaces stables, trace.

Produit et somme d'espaces vectoriels

Somme, somme directe d'une famille finie de sous-espaces vectoriels ; sous-espaces supplémentaires.

Base d'un espace vectoriel E de dimension finie adaptée à une décomposition en somme directe $E = \oplus E_i$.

Matrices

Révision et approfondissement du programme de première année.

Matrices emblables. Trace d'une matrice carrée.

Linéarité ; trace de la transposée d'une matrice, du produit de matrices.

Invariance de la trace par similitude.

Trace d'un endomorphisme.

Déterminants

Déterminant d'une famille de vecteurs, d'un endomorphisme, d'une matrice.

Calcul de déterminants d'ordre n .

Caractérisation des bases. Résolution des systèmes de Cramer.

Réduction des endomorphismes et des matrices carrées

Eléments propres

Valeur propre, vecteur propre, sous-espace propre d'un endomorphisme, d'une matrice carrée.

Les sous-espaces propres sont en somme directe.

Polynôme caractéristique d'une matrice carrée, d'un endomorphisme.

Multiplicité d'une valeur propre.

Polynôme annulateur.

Diagonalisation

Condition nécessaire et suffisante pour qu'un endomorphisme, une matrice soit diagonalisable.

Lorsqu'une matrice n'est pas diagonalisable, elle est semblable à une matrice triangulaire. La pratique de la trigonalisation n'est pas étudiée.

Expression du déterminant et de la trace en fonction des valeurs propres.

Application au calcul de puissances de matrices, aux suites récurrentes linéaires et aux systèmes d'équations différentielles.

Espaces euclidiens

Le programme est organisé autour de deux objectifs :

- Etude de produits scalaires sur $\mathbb{R}_n[X]$. Bases orthonormales de polynômes.
- Etude des isométries vectorielles du plan et de l'espace, matrices orthogonales.

Espaces préhilbertiens réels - Espaces euclidiens

Définition d'un produit scalaire, inégalité de Cauchy-Schwarz.

Théorème de la projection orthogonale. Expression d'un vecteur dans une base orthonormée.

Isométries vectorielles

Définition d'une isométrie vectorielle sur un espace de dimension finie.

La matrice d'une isométrie dans une base orthonormale est orthogonale.

Etude détaillée des isométries en dimension 2 et 3.

Réduction des endomorphismes symétriques

Toute matrice symétrique réelle est diagonalisable et il existe une base orthogonale de vecteurs propres.

Intégration

L'objectif de ce chapitre est d'étendre la notion d'intégrale étudiée en première année à des fonctions continues par morceaux sur un intervalle quelconque et d'étudier des fonctions définies par des intégrales dépendant d'un paramètre.

Intégrales généralisées sur $[a, b[$.

Définition de la convergence de $\int_a^b f(t) dt$ lorsque f est une fonction continue sur $[a, b[$.

Intégrales de fonctions positives, règles de comparaisons, règle des équivalents.

Intégrales généralisées sur $[a, +\infty[$.

Définition de la convergence de $\int_a^{+\infty} f(t) dt$ lorsque f est une fonction continue sur $[a, +\infty[$.

Intégrales de fonctions positives, règles de comparaisons, intégrales de Riemann, règle des équivalents.

Intégrales à paramètres

Théorèmes de continuité et de dérivation.

Fonctions de plusieurs variables

Limites, continuité

Cette partie a pour but de généraliser au cas d'espace vectoriel de dimension finie, les notions de convergence de suite, de limite et de continuité de fonctions.

Normes

Normes sur \mathbb{K}^n . Distances, ouverts.

Équivalence de normes. Sur \mathbb{K}^n , toutes les normes sont équivalentes.

Suites

Convergence des suites. Toute suite convergente est bornée.

Propriété invariante par changement de normes équivalentes.

Exemples de suites de matrices et de polynômes.

Limite et continuité en un point

Limite d'une fonction en un point adhérent à son domaine de définition.

Caractérisation séquentielle de la limite.

Équivalence entre limite d'une fonction et limites de ses composantes.

Opérations algébriques sur les limites.

Application à la continuité en un point.

Calcul différentiel

L'étude d'une fonction de \mathbb{R}^n dans \mathbb{R}^p se ramenant à l'étude de ses composantes, ce chapitre privilégiera l'étude des fonctions de \mathbb{R}^n dans \mathbb{R} ($n = 2$ ou 3).

Fonctions de classe \mathcal{C}^1 .

Dérivées partielles d'ordre 1.

Développement limité d'ordre 1 en un point.

Différentielle d'une fonction en un point.

Matrices jacobiennes

Composition d'applications différentiables.
Cas particulier des coordonnées polaires.

Applications géométriques

Lignes de niveau $f(x, y) = k$.
Surfaces $z = f(x, y)$ et $f(x, y, z) = 0$. Plan tangent en un point de la surface.

Dérivées partielles d'ordre 2

Fonctions de classe \mathcal{C}^2 .
Théorème de Schwarz.
Formule de Taylor.
Exemples d'équations aux dérivées partielles du premier et second ordre.

Extrémums d'une fonction

Recherche d'extrémums locaux et globaux d'une fonction de \mathbb{R}^n dans \mathbb{R} .

Séries

Séries numériques

Cette partie utilise les résultats de première année sur les suites à termes réels ou complexes pour les appliquer à l'étude des séries numériques.

Le but de cette partie est l'étude des probabilités discrètes et l'étude des séries entières.

Séries à termes positifs

Règles de comparaison, équivalents, séries de Riemann, critères de Cauchy et d'Alembert.

Comparaison d'une série et d'une intégrale généralisée.

Séries numériques

Convergence absolue.
Critère spécial des séries alternées.
Règle d'Abel.
Produit de Cauchy de deux séries.

Séries entières

Les buts de cette partie sont l'étude des propriétés des séries entières réelles ou complexes sur le disque de convergence et les développements en série entière des fonctions usuelles.

Cette théorie sera appliquée aux séries génératrices dans le chapitre dédié aux variables aléatoires discrètes et à la recherche de solutions d'équations différentielles.

Rayon de convergence

Définition et calcul du rayon de convergence ; règle de D'Alembert et d'Abel.

Régularité de la somme

Continuité, dérivation et primitivation de la somme d'une série entière sur tout segment inclus dans l'ouvert de convergence.

Caractère \mathcal{C}^∞ de la somme d'une série entière.

Développement en série entière

Fonction développable en série entière ; développements usuels.

Séries d'une variable complexe

Série géométrique complexe, exponentielle complexe.

Equations différentielles

L'étude des équations linéaires scalaires d'ordre un et deux, abordée en première année se poursuit avec celle des systèmes différentiels linéaires d'ordre un et des équations linéaires d'ordre un et deux à coefficients non constants et avec second membre.

Probabilités

Ces chapitres de probabilité ont pour but de :

- modéliser des situations aléatoires par le choix d'un espace probabilisé ou de variables aléatoires appropriés
- maîtriser un formalisme spécifique aux probabilités

Dénombrements

Espaces probabilisés

Espace probabilisés

Ensembles dénombrables, tribus

Conditionnement et indépendance

Probabilités conditionnelles, formule des probabilités composées.

Systemes complets d'événements.

Formule de Bayes.

Indépendance de deux événements, indépendance mutuelle d'une famille finie d'événements.

Variables aléatoire discrètes

Généralités

Définition d'une variable aléatoire discrète.

Loi d'une variable aléatoire discrète, fonction de répartition.

Couples de variables aléatoires discrètes. Lois marginales, lois conjointes.

Lois conditionnelles. Variables aléatoires indépendantes.

Suites de variables aléatoires indépendantes.

Espérance et variance

Espérance d'une variable aléatoire discrète. Théorème du transfert.

Linéarité de l'espérance.

Espérance du produit de deux variables aléatoires discrètes indépendantes.

Variance, écart type.

Inégalités de Markov et Bienaymé-Tchebychev.

Variance d'une somme finie de variables aléatoires ; cas de deux variables indépendantes.

Covariance, coefficient de corrélation.

Variables aléatoires à valeurs dans \mathbb{N}

Série génératrice d'un variable aléatoire à valeurs dans \mathbb{N} .

Série génératrice de la somme de deux variables aléatoires indépendantes.

Lois usuelles

Loi binomiale, loi de Poisson, loi géométrique, loi binomiale négative.

Résultats asymptotiques

Approximation de la loi binomiale par la loi de Poisson ; interprétation de la loi de Poisson comme loi des événements rares.

Loi faible des grands nombres.

1.4 Cours de Marianne sur l'algèbre linéaire

Fonction de variables aléatoires

- Méthode de la fonction muette
 - Méthode du changement de variable
 - Duale du théorème de transfert
- Soit ϕ une fonction test continue bornée et f_X la loi de X
- f_Y densité de $Y = g(X)$ est identifiée dans l'expression de $E[\phi(Y)]$ en faisant le changement de variable $y = g(x)$

$$\begin{aligned} E[\phi(Y)] &= E[\phi(g(X))] \\ &= \int_{\mathbb{R}} \phi(g(x)) f_X(x) dx \\ &= \int_{g(\mathbb{R})} \phi(y) f_X(g^{-1}(y)) |g^{-1}'(y)| dy \end{aligned}$$

- ϕ fonction muette

Plan du cours

- Rappels d'analyse
- Intégrales
- Variables aléatoires
- Algèbre linéaire
 - Matrices et espaces vectoriels
 - Comment résoudre un système linéaire ?
- Intégrales de Lebesgue

Algèbre linéaire

- Notions d'espaces vectoriels
 - \mathbb{K} : corps dont les éléments sont des scalaires (typiquement \mathbb{R})
 - Corps : structure algébrique munie de l'addition, la soustraction, la multiplication et le calcul d'inverses multiplicatifs
 - Espace vectoriel sur \mathbb{K} : ensemble E de vecteurs
 - Loi de composition interne : + commutative et associative
 - Loi de composition externe : multiplication, distributive par rapport à l'addition
 - Élément neutre : vecteur nul 0_E
 - Tout élément u admet un symétrique u' tel que $u + u' = 0_E$

Algèbre linéaire

- Systèmes linéaires
 - Système d'équations linéaires à n inconnues x_1, x_2, \dots, x_n

$$\begin{cases} a_{1,1}x_1 + a_{1,2}x_2 + \dots + a_{1,n}x_n = b_1 \\ a_{2,1}x_1 + a_{2,2}x_2 + \dots + a_{2,n}x_n = b_2 \\ \vdots \\ a_{m,1}x_1 + a_{m,2}x_2 + \dots + a_{m,n}x_n = b_m \end{cases}$$

- Forme matricielle : $Ax = b$

$$A = \begin{pmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \dots & a_{1,n} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \dots & a_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m,1} & a_{m,2} & \dots & a_{m,n} \end{pmatrix}$$

$$x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad b = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{pmatrix}$$

Fonction de variables aléatoires

- Indépendance de variables aléatoires
 - (X_1, X_2, \dots, X_n) famille de variables aléatoires indépendantes si l'une des deux conditions suivantes est remplie :
 - $P(X_1, X_2, \dots, X_n) = \prod_{i=1}^n P(X_i)$
 - $E[\prod_{i=1}^n \varphi_i(X_i)] = \prod_{i=1}^n E[\varphi_i(X_i)]$, $\forall \varphi_i(X_i)$ fonctions mesurables positives ou nulles

Algèbre linéaire

- Algèbre linéaire et Matrices
 - Outil essentiel pour toutes les mathématiques appliquées
 - Modélisation et résolution numérique de systèmes linéaires (ou que l'on peut rendre linéaires)
 - Applications : théorie de l'information (codage, ...), théorie des langages (grammaires, ...), traitement de l'image, vision par ordinateur et 3D (perspectives, rotations, ...), robotique, automatique, ...
 - Matrice A
 - Tableau rectangulaire de nombres
 - De taille $m \times n$: m lignes et n colonnes
 - Élément $a_{i,j}$: nombre de A situé à la i -ème ligne et à la j -ème colonne
 - $A = (a_{i,j})_{1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n}$

Algèbre linéaire

- Application linéaire
 - E et F deux \mathbb{K} -espaces vectoriels
 - f de E dans F application linéaire si
 - $f(u + v) = f(u) + f(v)$, $\forall u, v \in E$
 - $f(\lambda u) = \lambda f(u)$, $\forall u \in E$ et $\forall \lambda \in \mathbb{K}$
 - Noyau, image d'une application linéaire f associée à A
 - Image : $Im f = \{y \in F | \exists x \in E, f(x) = y\}$
 - Noyau : $Ker f = \{x \in E | f(x) = 0_F\}$

Les outils de l'algèbre linéaire

- Objectifs
 - A partir d'un système linéaire $Ax = b$
 - Calculer $x = A^{-1}b$ comme solution
 - Utiliser une méthode systématique
 - A dépend de la base : est-il possible de trouver une base particulière de E dans laquelle la matrice serait la plus simple possible ?

Outils nécessaires

- Calcul du déterminant
- Calcul de l'inverse d'une matrice
- Méthodes de Gauss et de Cramer
- Valeurs propres et vecteurs propres
- Trigonalisation et diagonalisation

Algèbre linéaire

• Déterminant

- Permet de vérifier une inversibilité ou calculer l'inverse d'une matrice
- Matrice 2×2 : $\det \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} = \begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix} = ad - bc$
- Matrice $n \times n$: développement suivant la ligne i

$$\det(A) = \sum_{j=1}^n a_{ij}(-1)^{i+j} \det(A_{i,j}) = \sum_{j=1}^n a_{ij} \text{cof}(a_{i,j})$$

- Matrice triangulaire (obtenue par combinaison des lignes et colonnes)

$$\begin{pmatrix} m_{1,1} & m_{1,2} & \cdots & m_{1,n-1} & m_{1,n} \\ 0 & m_{2,2} & \cdots & \cdots & m_{2,n} \\ \vdots & 0 & \ddots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & m_{n-1,n-1} & m_{n-1,n} \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & m_{n,n} \end{pmatrix} = \prod_{i=1}^n m_{i,i}$$

$$\det(A^T) = \det(A), \det(A^{-1}) = \frac{1}{\det(A)}, \det(AB) = \det(A) \det(B)$$

Algèbre linéaire

• Matrice inverse

- Algorithme de Gauss-Jordan
- Matrice "augmentée" $[A|I_n]$: transformation en $[I|A^{-1}]$ par combinaison / échanges des lignes

$$\left(A \mid I_n \right) = \left(\begin{array}{ccc|ccc} a_{1,1} & \cdots & a_{1,n} & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n,1} & \cdots & a_{n,n} & 0 & \cdots & 1 \end{array} \right).$$

Algèbre linéaire

• Trigonalisation de matrices

- Matrice trigonalisable : $P_A(\lambda)$ est scindé
- On cherche $T = P^{-1}AP$
- Pivot de Gauss
- Réduction de Jordan

$$T = \begin{pmatrix} J_{d_1}(\lambda_1) & & 0 \\ & J_{d_2}(\lambda_2) & \\ & & \ddots \end{pmatrix}.$$

- $J_{d_i}(\lambda_i)$ bloc de Jordan avec $d_i = 3$

$$T = \begin{pmatrix} \lambda_1 & 1 & 0 \\ 0 & \lambda_1 & 1 \\ 0 & 0 & \lambda_1 \end{pmatrix}.$$

Algèbre linéaire

• Résolution d'un système linéaire - Matrice de petite taille

- Système de Cramer
- Utilisation des déterminants
- Si $\det(A) \neq 0$, alors la solution unique de $Ax = b$ est donnée par

$$x_1 = \frac{\det(A_1)}{\det(A)}, \quad \frac{\det(A_2)}{\det(A)}, \quad \dots, \quad \frac{\det(A_n)}{\det(A)}$$

- Pivot de Gauss
- Méthode matricielle : élimination de Gauss-Jordan
- Matrice augmentée $[A|b]$
- Obtention d'une matrice triangulaire échelonnée par pivots successifs
- Solution : dernière colonne

Algèbre linéaire

• Matrice inverse

- N'existe que si $\det(A) \neq 0$
- Matrice $n \times n$: $A^{-1}A = I_n$
- $A^{-1} = \frac{1}{\det(A)} \text{cof}(A^T)$

$$A^{-1} = \begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{pmatrix}^{-1} = \frac{1}{\det A} \begin{pmatrix} ei - fh & fg - di & dh - eg \\ ch - bi & ai - cg & bg - ah \\ bf - ce & cd - af & ae - bd \end{pmatrix}$$

$$= \frac{1}{\det A} \begin{pmatrix} ei - fh & ch - bi & bf - ce \\ fg - di & ai - cg & cd - af \\ dh - eg & bg - ah & ae - bd \end{pmatrix}$$

- Complexité calculatoire importante

Algèbre linéaire

• Valeurs propres et vecteurs propres

- Soit pour A d'ordre n : $Au = \lambda u$
 - u vecteur propre
 - λ valeur propre
 - $(A - \lambda I)u = 0$
 - $\det(A - \lambda I) = 0$, sinon la seule solution est le vecteur nul
 - $\text{Ker}(A - \lambda I) \neq 0$
- Polynôme caractéristique
 - $P_A(\lambda) = \det(A - \lambda I)$
 - $P_A(\lambda) = (\lambda_1 - \lambda)^{d_1} \cdots (\lambda_k - \lambda)^{d_k}$ polynôme scindé admettant pour racines $\lambda_1, \dots, \lambda_k$, de multiplicités respectives d_1, \dots, d_k
 - Sous-espace propre généralisé $G_j = \text{Ker}(A - \lambda_j I)^{d_j}$

Algèbre linéaire

• Diagonalisation de matrices

- Applications
 - Transformation d'un système : résolution d'un système linéaire
 - Calcul de puissances et exponentielles, changement de base (robotique), homothétie (vision)
- Matrice diagonalisable : $P_A(\lambda)$ est scindé et pour chaque λ_i de multiplicité $d(i)$, on a $d(i) = \dim(E_i)$ avec $E(i)$ vecteur propre
 - On cherche $A = PDP^{-1}$
 - P matrice de passage : base des vecteurs propres
 - Diagonale de D contient les valeurs propres
- Résolution du système linéaire $Ax = b$ - D matrice diagonale
 - Système équivalent : $Dy = c$, avec $y = P^{-1}x$ et $c = P^{-1}b$

Plan du cours

- Rappels d'analyse
- Intégrales
- Variables aléatoires
- Algèbre linéaire
- Intégrales de Lebesgue
 - Limites de l'intégrale de Riemann
 - Construction de l'intégrale de Lebesgue
 - Intégrale de Lebesgue généralisée
 - Intégrale de Lebesgue généralisée
 - Propriétés - intégrale de Lebesgue

1.5 TD de Marianne en algèbre linéaire

Chapitre 8

Réduction des matrices

Exercice 1. Soit $A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & c \\ 0 & b & d \\ a & 0 & 0 \end{pmatrix} \in M_3(\mathbb{R})$, $a, b, c, d \in \mathbb{R}$.

- (a) Déterminer les valeurs propres réelles ou complexes de A .
- (b) Donner une condition nécessaire et suffisante sur a, b, c, d pour que A soit triangulable sur \mathbb{R} .
- (c) Montrer que si $ac > 0$ et $d = 0$ alors A est diagonalisable.

Exercice 2. Soit $A = \begin{pmatrix} 1 & a & a \\ -1 & 1 & -1 \\ 1 & 0 & 2 \end{pmatrix}$, $a \in \mathbb{R}$.

- (a) Donner une condition nécessaire et suffisante sur a pour que A soit diagonalisable.
- (b) Diagonaliser A lorsque cette condition est satisfaite.

Exercice 3. Vérifier si oui ou non les matrices suivantes sont triangulables sur \mathbb{R} . Dans l'affirmative, trigonaliser les matrices.

$$A = \begin{pmatrix} 3 & -1 & 1 \\ 2 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 2 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} -4 & 0 & -2 \\ 0 & 1 & 0 \\ 5 & 1 & 3 \end{pmatrix}, C = \begin{pmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 \\ 2 & 0 & 0 \end{pmatrix}, D = \begin{pmatrix} 2 & -1 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 3 & 1 \\ -2 & 1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 3 \end{pmatrix}.$$

Exercice 4. Soit $A = \begin{pmatrix} 3 & 0 & 0 \\ 2 & 4 & 1 \\ -1 & -1 & 2 \end{pmatrix} \in M_3(\mathbb{R})$.

- (a) Déterminer $P \in GL_3(\mathbb{R})$ telle que $P^{-1}AP = \begin{pmatrix} 3 & 1 & 0 \\ 0 & 3 & 1 \\ 0 & 0 & 3 \end{pmatrix}$.
- (b) En déduire A^n , $n \in \mathbb{N}$, en fonction de P, P^{-1} et de n .

Exercice 5. Soit $A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

- (a) Montrer que la matrice A n'est pas diagonalisable sur \mathbb{R} .

(b) Déterminer le triplet $(a, b, c) \in \mathbb{R}^3$ tel que la matrice $U := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a & 0 \\ 0 & b & 0 & 1 \\ 0 & c & 0 & 0 \end{pmatrix}$ soit inversible et $U^{-1}AU = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$. On ne calculera pas U^{-1} .

(c) On pose $B = U^{-1}AU - I_4$. Sachant que $B^2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

et $B^k = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & (-1)^k \end{pmatrix}$ pour $k \geq 3$, exprimer A^n , $n \in \mathbb{N}$, en fonction de U, U^{-1} et de n .

Exercice 6. Montrer que la matrice $A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ n'est pas diagonalisable sur \mathbb{R} . Cocher la ou les

bonnes réponses parmi les cinq propositions suivantes.

Il existe $U \in M_4(\mathbb{R})$ inversible telle que $U^{-1}AU$ soit égale à :

$$\begin{aligned} & \square \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}, \quad \square \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}, \quad \square \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \\ & \square \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}, \quad \square \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}. \end{aligned}$$

Annexes du chapitre 2

2.1 Le questionnaire aux ingénieurs

Formation en mathématiques des ingénieurs et utilisations des outils (2016)

Bonjour,

Ce questionnaire vous est destiné si vous avez suivi une formation d'ingénieur en France et que vous exercez (ou avez récemment exercé) le métier d'ingénieur. Il ne devrait vous prendre qu'**une douzaine de minutes maximum**.

Ses résultats (anonymes, sauf si vous acceptez de vous proposer pour un entretien ultérieur) serviront de point de départ à une recherche en Sciences de l'Éducation pour une thèse sur la **formation en mathématiques des étudiants en écoles d'ingénieurs**, ainsi que sur l'utilisation éventuelle des outils mathématiques dans le quotidien du métier d'ingénieur.

Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse et la sincérité est le meilleur guide en cas de doute. Au pire, si une question vous semble peu adaptée à votre situation, n'y répondez pas !

N'attendez pas pour répondre et diffuser autour de vous à vos collègues, amis, famille ayant suivi une formation d'ingénieur !

Merci d'avance pour votre participation !

Il y a 35 questions dans ce questionnaire

Partie 1 - Éléments personnels et professionnels

1 [] Vous êtes *

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Une femme
 Un homme

2 [] Quelle est votre année de naissance ? *

Seuls des nombres peuvent être entrés dans ce champ.

Veuillez écrire votre réponse ici :

3 [] Quel métier exercez-vous actuellement ? *

Veuillez écrire votre réponse ici :

4 [] Dans quelle entreprise travaillez-vous ?

Veuillez écrire votre réponse ici :

5 [] Vous avez effectué votre Cycle Préparatoire : *

Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

- En CPGE
 En Cycle Préparatoire Intégré (CPI)
 En IUT
 Ailleurs (précisez):

6 [] Quel est le titre et/ou la spécialité du diplôme d'ingénieur grâce auquel vous exercez actuellement ? *

Veillez écrire votre réponse ici :

7 []

Quelle est l'année d'obtention du diplôme d'ingénieur grâce auquel vous exercez actuellement ? *

Seuls des nombres peuvent être entrés dans ce champ.

Veillez écrire votre réponse ici :

8 [] Combien avez-vous d'autres diplômes d'un niveau au moins équivalent au diplôme d'ingénieur (bac +5 ou plus) ? *

Seuls des nombres peuvent être entrés dans ce champ.

Veillez écrire votre réponse ici :

9 [] Quel(s) poste(s) avez-vous éventuellement occupé(s) avant votre poste actuel grâce (2 maximum) ?

Veillez écrire votre(vos) réponse(s) ici :

Poste n-1

Poste n-2

Partie 2 - Formation en mathématiques en Cycle Ingénieur

10 [] Avez-vous reçu une formation en mathématiques durant votre Cycle Ingénieur ? *

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
 Non

11 [] Votre formation de mathématiques en Cycle Ingénieur s'est déroulée en :

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question '10 [Q21]' (Avez-vous reçu une formation en mathématiques durant votre Cycle Ingénieur ?)

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

- 1ère année (bac+3)
 2ème année (bac+4)
 3ème année (bac+5)

12 [] Dans votre formation en Cycle Ingénieur, les contenus principaux à caractère mathématique ont été (précisez si nécessaire) : *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question '10 [Q21]' (Avez-vous reçu une formation en mathématiques durant votre Cycle Ingénieur ?)

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

- Calcul Scientifique
 Analyse
 Algèbre
 Probabilités
 Statistiques
 Modélisation
 Logique/Raisonnement
 Théorie des ensembles
 Théorie des graphes
 Autre (précisez):

13 [] Quels modes d'enseignement avez-vous rencontrés ? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question '10 [Q21]' (Avez-vous reçu une formation en mathématiques durant votre Cycle Ingénieur ?)

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

- Cours Magistraux
 Travaux Dirigés
 Travaux Pratiques (informatique appliquée aux mathématiques)

Projets

Autre (précisez):

14 []

Sur une échelle de 1 (très faible) à 5 (très important), vous diriez que le volume horaire de ces enseignements à caractère mathématiques a été :

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question '10 [Q21]' (Avez-vous reçu une formation en mathématiques durant votre Cycle Ingénieur ?)

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- 1
 2
 3
 4
 5

15 [] Pouvez-vous préciser en quel sens ?

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question '10 [Q21]' (Avez-vous reçu une formation en mathématiques durant votre Cycle Ingénieur ?)

Veuillez écrire votre réponse ici :

16 [] Sur une échelle de 1 (très mal adaptée) à 5 (très bien adaptée), vous diriez que cette formation en mathématiques en Cycle Ingénieur a été adaptée à vos besoins actuels :

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question '10 [Q21]' (Avez-vous reçu une formation en mathématiques durant votre Cycle Ingénieur ?)

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- 1
 2
 3
 4
 5

17 [] Pouvez-vous préciser en quel sens ?

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question '10 [Q21]' (Avez-vous reçu une formation en mathématiques durant votre Cycle Ingénieur ?)

Veillez écrire votre réponse ici :

18 [] Auriez-vous la possibilité de fournir des documents relatifs à cette formation (vos notes de cours, cahiers, photocopié, etc.) ? Si oui, merci de préciser

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question '10 [Q21]' (Avez-vous reçu une formation en mathématiques durant votre Cycle Ingénieur ?)

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

Faites le commentaire de votre choix ici :

Partie 3 - Utilisation effective des mathématiques et Formation Continue

19 []Diriez-vous que vous rencontrez (ou avez rencontré) un besoin réel de mathématiques dans votre métier d'ingénieur ? *

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
 Non

20 []De quels types d'outils mathématiques avez-vous besoin :

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question '19 [Q31]' (Diriez-vous que vous rencontrez (ou avez rencontré) un besoin réel de mathématiques dans votre métier d'ingénieur ?)

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

- Calculs Scientifiques
 Analyse
 Algèbre
 Probabilités
 Statistiques
 Modélisation
 Raisonnement/Logique
 Théorie des ensembles
 Théorie des graphes

21 []Pour quels types de tâches professionnelles (ex : faire un devis, effectuer une simulation, etc.) :

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question '19 [Q31]' (Diriez-vous que vous rencontrez (ou avez rencontré) un besoin réel de mathématiques dans votre métier d'ingénieur ?)

Veillez écrire votre réponse ici :

22 []Sur une échelle de 1 (rarement) à 5 (quotidiennement), décrire la régularité du besoin de ces outils :

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question '19 [Q31]' (Diriez-vous que vous rencontrez (ou avez rencontré) un besoin réel de mathématiques dans votre métier d'ingénieur ?)

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- 1
 2
 3
 4

5

23 []Diriez-vous que votre formation initiale en mathématiques a été adaptée à ce besoin ?

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question '19 [Q31]' (Diriez-vous que vous rencontrez (ou avez rencontré) un besoin réel de mathématiques dans votre métier d'ingénieur ?)

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Cycle préparatoire	Cycle ingénieur
Oui	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Non	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

24 []Avez-vous bénéficié d'un enseignement en formation continue pour répondre à ce besoin ?

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question '19 [Q31]' (Diriez-vous que vous rencontrez (ou avez rencontré) un besoin réel de mathématiques dans votre métier d'ingénieur ?)

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
 Non

25 []Sur une échelle de 1 (aucun lien) à 5 (tout à fait comparable), comment jugeriez-vous le rapport de cette formation continue avec ce que vous avez appris en Cycle Ingénieur ?

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question '19 [Q31]' (Diriez-vous que vous rencontrez (ou avez rencontré) un besoin réel de mathématiques dans votre métier d'ingénieur ?) et La réponse était 'Oui' à la question '24 [Q36]' (Avez-vous bénéficié d'un enseignement en formation continue pour répondre à ce besoin ?)

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- 1
 2
 3
 4
 5

26 []Auriez-vous la possibilité de fournir des documents relatifs à cette utilisation ou cet apprentissage ?

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question '19 [Q31]' (Diriez-vous que vous rencontrez (ou avez rencontré) un besoin réel de mathématiques dans votre métier d'ingénieur ?) et La réponse était 'Oui' à la question '24 [Q36]' (Avez-vous bénéficié d'un enseignement en formation continue pour répondre à ce besoin ?)

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
 Non

Faites le commentaire de votre choix ici :

27 []Avez-vous appris des concepts et méthodes mathématiques utiles à votre métier en travaillant seul ?

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question '19 [Q31]' (Diriez-vous que vous rencontrez (ou avez rencontré) un besoin réel de mathématiques dans votre métier d'ingénieur ?)

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

28 []Quels outils/dispositifs avez-vous utilisé pour cet apprentissage ?

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question '19 [Q31]' (Diriez-vous que vous rencontrez (ou avez rencontré) un besoin réel de mathématiques dans votre métier d'ingénieur ?) et La réponse était 'Oui' à la question '27 [Q37]' (Avez-vous appris des concepts et méthodes mathématiques utiles à votre métier en travaillant seul ?)

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

- Logiciels
- Livres
- Communauté
- Cours de mathématiques
- MOOC
- Autre (précisez):

Partie 4 - Compléments - Suggestions - Contact

29 []

Sur une échelle de 1 (très mauvaise) à 5 (excellente), comment qualifieriez-vous aujourd'hui votre formation de mathématiques en Cycle Ingénieur ?

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

30 [] Pouvez-vous préciser en quel sens ?

Veillez écrire votre réponse ici :

31 [] Sur une échelle de 1 (très mauvaise) à 5 (excellente), comment qualifieriez-vous votre image actuelle des mathématiques ?

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

32 [] Pouvez-vous préciser en quel sens ?

Veillez écrire votre réponse ici :

33 []Ce rapport aux mathématiques a-t-il évolué depuis le début de vos études ?

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
 Non

34 []Avez-vous des remarques au sujet des mathématiques et/ou sur la formation dont vous avez bénéficié en mathématiques relativement à votre métier d'ingénieur ?

Veillez écrire votre réponse ici :

35 []Si vous êtes volontaire pour un éventuel entretien d'environ 30 mn (en présence ou en visio) pour approfondir quelques points évoqués dans ce questionnaire, merci de laisser votre adresse mail de contact (vérifiez-bien la syntaxe, svp) :

Veillez écrire votre réponse ici :

2.2 Transcriptions des entretiens avec six ingénieurs

Jean

Jeudi 09 juin 2016 - 10h

0'0" - (Présentation)

PARTIE 1 - REGARD SUR LA FORMATION

1'45"

Est-ce que vous pourriez me dire en gros ce que vous avez trouvé bien adapté, ce qui ne l'était pas. Peut-être pourquoi ?

Tout d'abord je vais vous présenter ce que je fais un petit peu comme travail et vous comprendrez ce qui est utile ou pas et ce qui est entre guillemets spécifique à mon cas ou pas. Là actuellement je fais de la recherche pure pour une entreprise qui travaille sur les logiciels musicaux. Le but c'est de faire du traitement du signal mais pas que ; tout ce qui est algorithmie. Du coup pour moi ça implique essentiellement des connaissances qui sont rangées dans la catégorie électronique et informatique, mais des connaissances qui reposent bien sûr sur des bases mathématiques. Et très honnêtement toutes les bases mathématiques que j'utilise sont quasiment uniquement des bases que j'ai acquises en classe préparatoire. Disons que les formations que j'ai eu en cycle ingénieur, m'ont permis de comprendre en quoi ces notions de base peuvent être utilisées dans un domaine tel que l'informatique ou l'électronique mais ne m'ont pas apporté de connaissances supplémentaires je dirais fondamentalement parlant...

C'était plus une manière d'appliquer les méthodes fondamentales... ?

Moi je qualifierais plus la formation de Maths que j'ai eu en école d'ingénieur plus comme une formation d'acousmatique, c'est-à-dire sans aucune démonstration, juste des théorèmes qui sont lancés, "allez hop, vas-y utilise-les !" alors que quand j'étais en prépa là par contre c'était complètement l'inverse, il y avait les toutes les démonstrations et ça fait aussi qu'aujourd'hui, comme je dois à la fois appliquer les théorèmes, mais aussi essayer de trouver des façons plus intelligentes de les utiliser, là je suis obligé de m'intéresser à la démonstration, et c'est ce qui fera la différence entre nous et un concurrent parce que les résultats tout le monde les a, mais par contre si jamais nous on arrive à les formuler d'une façon à ce que, par exemple (je vous donne un exemple sur un effet audio) le musicien ait un retour en moins de 6 millisecondes, alors que tous les autres compétiteurs ont une latence de 20 ms, nous ce qui fait qu'on peut avoir moins c'est parce qu'on est allé chercher dans les maths, voir comment on pouvait découper ça, et c'est ce qui fait la différence fondamentalement. Après l'effet sonnera exactement pareil. Finalement moi ce qui m'est le plus utile c'est toute la méthodologie acquise de démonstration lors de mes classes préparatoires.

5'00" - Pour ce qui est de la formation peut-être plus en cycle préparatoire, y a-t-il un contenu, un enseignement ou une méthode particulièrement bien adapté à votre expérience professionnelle d'aujourd'hui ? Et pourquoi pas le nom d'un enseignant ?

D'un point de vue rigueur mathématique, c'est clair et net que mon premier enseignant de maths de **prépa** a été celui qui m'a enseigné la **rigueur mathématique**. Il s'appelle Monsieur Marc Lorenzi, il enseigne à la prépa Camille Guérin de Poitiers. D'une certaine façon, il nous forçait toujours à tous les montrer et à comprendre les démonstrations. Et il était **aussi informaticien donc il allait toujours dans une ouverture et nous expliquait toujours à quoi ça pouvait servir**. Bien qu'il nous expliquait pas comment elle servait entre guillemets mais ça permettait de savoir dans quel domaine ça allait être utile et éventuellement de s'y intéresser plus si le domaine nous intéressait.

Ça faisait une sorte de mise en perspective... ?

En classe préparatoire je n'avais pas l'objectif de devenir chercheur en maths, ce n'était pas du tout le but. Après j'étais conscient que c'était une **base à connaître**, mais le programme est tellement vaste que au final **on fait une sélection sur ce qu'on aime**. En tous cas pour retenir, après on est obligé de tout apprendre.

7'05 - Et dans la partie cycle ingénieur ?

Pour résumer la formation que j'ai eu en mathématiques, en première année j'ai fait de la **transformée de Fourier, transformée en Z, transformée de Laplace**. Très honnêtement des choses que j'avais **déjà faites en prépa** sauf pour la transformée en Z, mais bon ça n'a pas été très très approfondie non plus. Ça a été directement appliqué dans le domaine du traitement numérique du signal, les filtres et tout... Ce qui fait qu'au final **j'appelle pas vraiment ça des connaissances mathématiques puisqu'il n'y a eu aucune réelle démonstration**.

Après, en **probabilité-statistiques**, là j'ai appris personnellement beaucoup de choses intéressantes puisqu'il n'y a pas de Proba ou alors très peu en prépa. Tout ce qui est **lois de probabilités, tous les outils qu'on peut utiliser en fait pour analyser les problèmes et éventuellement prédire des choses**. Tous ces outils là sont utiles aujourd'hui. Ce ne sont pas des outils que j'utilise en permanence mais c'est quelque chose effectivement qui est **un "plus" important de mon cycle ingénieur**.

Ça vous paraît être un manque du cycle prépa bien comblé par le cycle ingénieur... ?

Disons que ces choses-là, telles qu'elles ont été abordées en école d'ingénieur, elles n'ont pas été démontrées, mais d'une certaine façon je comprends qu'elles ne soient pas vraiment mises en avant dans le cycle prépa pour plusieurs raisons. **Les probabilités-statistiques ont quand même un statut particulier, en tout cas c'est le sentiment qui m'a été donné**. Et disons que le programme était suffisamment fourni comme cela. Personnellement, je n'enlèverais rien du programme de prépa pour mettre les probabilités à la place.

9'30" : Même si d'après le questionnaire j'ai la sensation que vous êtes plutôt satisfait de votre formation en maths, y a-t-il à l'inverse un cours qui vous a paru complètement mal adapté à votre métier actuel ?

Si je peux vous répondre franchement, je dirais **toute l'éducation de mathématiques avant la prépa. Pour moi, ça n'a été qu'une vaste supercherie.** Personnellement j'ai commencé, j'ai toujours été bons en maths, je me suis intéressé après le bac parce que tout ce qui était avant je ne comprenais pas. **Je comprenais mais je ne comprenais pas l'intérêt d'apprendre des choses dans un cas particulier,** ensuite de tout refaire dans un autre cas encore plus général, ensuite de tout refaire encore une fois... Alors que, quand je suis arrivé en prépa, je me suis rendu compte qu'en fait on pouvait tout généraliser. Pourquoi ne pas apprendre directement la généralisation ? C'est quelque chose qui me paraît un peu étrange bien que je puisse comprendre que certaines personnes ne vont pas vouloir l'abstraction, en tout cas pas avant le bac, mais en discutant avec mes parents c'est quelque chose que eux avaient fait alors époque.

11'13" : Les documents que vous avez en votre possession ce sont des photocopiés sur les 3 transformées c'est ça ?

Et un autre point que je ne sais pas trop comment qualifier c'est la **résolution parcimonieuse des problèmes inverses.** Est-ce quelque chose d'informatique ou de mathématiques ? En fait c'est une méthodologie générale qui consiste à résoudre les problèmes en partant de leurs solutions. C'est plus de la résolution itérative de problèmes. En mathématiques on travaille dans le domaine continu donc pour résoudre des problèmes de façon continue en informatique on est obligé de passer par des méthodes itératives pour résoudre dans le discret. **Ça très honnêtement, c'est quelque chose qui est très très très très très important dans mon métier, et que j'ai acquis durant mon cycle ingénieur.** Après ce n'est pas forcément quelque chose qui serait utile à un mathématicien je pense.

14'05" : Y a-t-il parmi ses photocopiés un qui vous semble plus intéressant pour sa méthode de travail ?

Tout à fait entre nous, **les méthodes d'apprentissage en école d'ingénieur sont à l'image de la formation qu'ont nos professeurs en enseignement si vous voyez ce que je veux dire...** Ça ne sont clairement pas des personnes qui sont là pour enseigner, elles sont payés et elles le doivent. **Après, ce ne sont pas des enseignants à la base.** La méthode de travail ça dépend du professeur et les professeurs que j'ai eu en mathématiques **c'était des personnes un peu étranges, du moins en cycle ingénieur.** Éventuellement j'aurais le nom d'un enseignant qui nous avait fait tout refaire en TP et TD et qui avait fait qu'on comprenait le cours parce que **le photocopié était tellement bizarre et le cours formulé de façon tellement hasardeuse** qu'en fait nous avons tous compris pendant ces séances de TD avec ce prof. Il s'appelle Loïck Lhote, à l'ENSICAEN. Il avait tout refait au tableau d'une façon beaucoup plus pédagogue en tout cas, ce qui nous avait permis de

mieux comprendre. Mais d'un point de vue contenu en soi c'est la même chose que ce qu'il y a dans les autres cours.

PARTIE 2 - PROPOSITIONS

16'20"

Votre regard sur ce qu'il faudrait faire dans une formation initiale en maths pour préparer le métier que vous faites actuellement

Franchement, **faire plus d'algèbre linéaire en école d'ingénieur**. C'est quelque chose, à partir du moment où on s'attaque à des problèmes un tout petit peu mathématiques **on ne peut pas faire sans algèbre linéaire en informatique**. Et j'ai l'impression qu'on est carrément passés à côté en enseignement mathématiques en école d'ingénieur, alors que d'un autre côté **on avait des matières qui utilisaient purement et simplement des connaissances avancées en algèbre linéaire, alors que beaucoup d'élèves qui n'avaient pas fait de classe préparatoire par exemple n'avaient jamais eu d'introduction à ces choses là**. Le plus amusant c'est que **ce n'était pas fait de manière tout à fait applicative ce qui rendait la chose encore plus compliqué pour certains élèves**. C'est sûr que **tous ceux qui n'avaient pas les connaissances de base pour comprendre la démonstration, ne faisait que l'implémentation et ne comprenaient pas du tout pourquoi cela fonctionnait**. Ça c'était quelque chose d'un peu bizarre. Après, si je devais donner des exemples de problème : **factorisation de matrices**, tout ce qui est **opérations vectorielles**, qu'on fait dans le domaine du continu mais qu'en informatique on doit faire dans le discret, beaucoup de **développements limités pour en faire la "discrétisation" en quelque sorte**. Des choses simples comme des **convolutions matricielles n'ont jamais été abordées en cours de maths mais par contre j'ai dû m'en servir ensuite dans d'autres matières en école d'ingénieur**.

19'00" - Si vous étiez un super enseignant quelle méthode utiliseriez-vous pour des étudiants en 2016 ?

Juste pour vous donner une petite indication, je donne des cours dans ma spécialité dans mon école d'ingénieur. Je l'ai déjà fait deux fois : j'ai fait un premier cours de deux heures il y a deux ans, c'était juste une introduction à mon domaine de spécialité. Et l'année dernière j'ai fait un cours de six heures d'affilée sur ce domaine-là et j'en ai fait un aussi de 1 heure à l'université Queen Mary à Londres. C'était une introduction à l'ingénierie informatique lié à l'informatique musicale. C'est-à-dire tout ce qui est algorithmique, traitement du signal pour la musique ainsi que algorithmique d'apprentissage automatique pour faire de l'écoute automatique par ordinateur. Ce qui signifie détecter les choses sur de la musique. Faire la même chose que détecter des choses sur une image mais sur la musique. On est capable de dire quels sont les instruments sur l'enregistrement, éventuellement qui parle. Et tout cela fait intervenir pas mal de compétences en **factorisation de matrices notamment et donc en algèbre : valeur propre, vecteur propre** etc.

Je fais ces conférences en tant qu'intervenant sur un cycle sur le multimédia qui n'était jusqu'alors que basé sur l'image, ce qui permet une ouverture sur le son. Mais vis-à-vis de

l'enseignement j'ai toujours l'impression que moi-même je suis aussi mauvais que les profs qui m'ont précédés puisque je ne suis absolument pas formé et ça n'est pas une tâche facile donc d'une certaine façon, tant qu'il n'y a pas de réelle formation pédagogique sur la pédagogie elle-même pour des enseignants chercheurs, on ne peut pas s'attendre à des miracles. Ce n'est pas d'une gravité extrême mais... Pas facile de s'en détacher même si j'ai fait de mon mieux : j'ai essayé de ne pas reproduire certaines erreurs évidentes mais je suis certain que j'en ai reproduit d'autres.

PARTIE 3 - AUTONOMIE

23'07"

On peut passer à la troisième partie de l'entretien : c'est quelque chose qu'il n'y a pas eu dans le questionnaire et qui est un point qui m'intéresse beaucoup pour l'avenir de ma thèse et de mes travaux. C'est la question de l'autonomie au niveau de l'apprentissage : on dit qu'il est important pour les étudiants de développer une autonomie notamment à l'arrivée dans l'enseignement supérieur. Qu'est-ce que vous en pensez relativement expérience ? Souvenir d'avoir développé votre autonomie a un moment et donné comment ça s'est passé ?

Disons que je dirais que l'autonomie en fait dans le cursus prépa et école d'ingé se fait à l'aide de **projets** en quelque sorte. De projets qui sont confiés aux étudiants avec **du temps pour travailler dessus et qui sont à réaliser entre guillemets sans professeur, du moins avec un encadrement minimal**. Alors, ces projets-là pour moi j'en ai fait tout au long de mon cursus d'ingénieur, avec deux projets de six mois en première année à faire en binôme ; en deuxième année j'ai eu un long projet sur toute l'année je crois. Pareil à faire en binôme avec un professeur encadrant cette fois. Chaque binôme était sur un projet différent contrairement à la première année où il y avait un projet pour tout le monde. Et en troisième année, pareil un projet à faire en binôme sur toute l'année, plus un projet intensif à faire en équipe de 10 pendant une semaine. C'est-à-dire on a entre guillemets une semaine complète où on a des locaux etc. et on doit faire un projet de façon intensive. Et encore un autre projet troisième année qui se passait sur une journée, à faire pareil en équipe de 10. Les équipes n'étaient pas en compétition cette fois-là.

Je dirais qu'en fait ça résume un petit peu tout ce qui est fait en autonomie.

En autonomie pour vous ça veut dire pour vous tout ce qui est fait sans enseignants ?

Alors **il y a eu un enseignant, mais il était là à titre consultatif**. C'est-à-dire qu'il y avait en quelque sorte toutes les semaines au moins un entretien d'une demi-heure une heure avec l'enseignant pour qu'on constate ce qui avait été fait etc. L'enseignant suggérait éventuellement des voies mais d'une certaine façon tant que l'enseignant qui était notre client finalement était content on pouvait choisir un peu près la voie qu'on souhaitait, les technologies que l'on souhaitait. Le but c'était de rendre notre client heureux en quelque sorte.

Et sinon au niveau de votre de vos méthodes de travail personnel vous avez développé une sorte d'autonomie aussi ? De manière un petit peu parallèle à cette notion d'autonomie plutôt dans le travail en groupe etc. Est-ce qu'au niveau du travail personnel vous avez senti une augmentation de vos capacités d'autonomie ou à l'inverse une diminution et peut-être à quel moment ? Je pense aussi éventuellement au cycle préparatoire...

Alors d'une certaine façon oui, notamment par exemple **en cycle préparatoire** où il y avait **assez peu de travaux personnels qui étaient réellement imposés** au final. Les devoirs que l'on faisait toutes les semaines, enfin les devoirs à faire chez soi que l'on faisait toute les semaines étaient pour la plupart facultatifs et ils n'étaient corrigés que si on souhaitait les rendre, mais d'une certaine façon ça n'était pas obligatoire, **c'était à nous de jauger si on avait le temps, ou si ça allait être utile pour nous de le faire**. Et ça éventuellement, ça permet de se forcer à réfléchir sur soi-même, plutôt que de se dire : le prof m'a dit de le faire, alors que le fait. C'était plutôt, là j'ai trois devoirs à faire, j'aurai le temps d'en faire deux. Desquels ai-je **besoin** ?

Ça nécessite une analyse préalable des besoins ?

Voilà. Notamment, ça permet aussi de **rendre la responsabilité sur l'élève directement**, puisque si jamais je faisais un mauvais choix et qu'ensuite je me retrouve avec des lacunes dans un domaine, c'était totalement de ma faute, ça c'était 100% sûr. Et ça apprenait à prendre ses responsabilités vis-à-vis de cela, et là-dessus je dirai qu'il y avait une acquisition de l'autonomie sur le choix du travail à faire. **Après, sur les méthodes de travail, on avait des méthodes qui étaient bien précises et bien enseignées, donc là-dessus, je dirais qu'il y a une grosse acquisition de la méthode de travail pour être organisé, mais elle n'a pas été acquise en autonomie, mais elle aidait à avoir plus d'autonomie.**

D'accord... Et plus particulièrement dans encore une autre forme d'autonomie, à un autre niveau : l'apprentissage des notions mathématiques. Est-ce que vous avez des souvenirs d'outils, ou de choses, qui vont ont été utiles pour développer une forme d'autonomie. Dans ces cas-là auriez-vous des recommandations à ce sujet (un outil particulier, des ressources) ?

Je réfléchis un petit peu... très honnêtement, j'aurais envie de répondre tout simplement des livres, **des livres et des sites internet**. J'avais trouvé pendant ma seconde année d'ingénieur un site internet d'un enseignant qui n'était pas le mien, mais d'une autre école prépa, mais qui regroupait quasiment tous les cours dont j'avais besoin et des exercices ainsi que des corrigés et en fait, je dirais que **vis-à-vis des mathématiques, l'autonomie elle est assez naturelle à partir du moment où l'élève est motivé et a compris qu'il n'avait pas compris certaines choses**. C'est ça en fait. S'il y a une mise en évidence que je n'ai pas compris certains trucs, alors là très clairement je me tournais vers des ressources qui étaient à accès instantané pour moi, ou alors **aller voir les professeurs** qui étaient toujours à disposition de toute façon...

Et travailler avec d'autres camarades, c'était quelque chose à laquelle vous avez aussi eu recours ?

Totalement. Disons, ça c'est quelque chose que je ne faisais pas du tout avant la prépa et que **j'ai commencé à faire en prépa, c'est l'entraide entre les élèves**. C'est quelque chose qui peut surprendre et souvent, les personnes, j'ai l'impression qu'elles ont des **clichés en fait de la prépa qui sont analogues à entre guillemet peut-être des grandes prépas parisiennes ou à des facs de médecine, d'élèves qui sont en compétition et qui ne veulent pas s'entraider. Mais pour moi ça a été tout l'inverse**. Les élèves étaient totalement partants pour aider les autres et surtout **ceux qui étaient forts et qui comprenaient rapidement étaient totalement partants pour aider ceux qui étaient un peu moins forts** et j'ai eu une fois une explication d'un ami comme ça qui m'a dit "bah écoute moi, **ça me permet de revoir entre guillemet cette notion là pour voir si par hasard est-ce que j'ai vraiment compris la notion ?**" C'était un avantage pour lui aussi pour tester si c'était pas juste un sentiment le fait d'avoir compris. Je parle un peu bizarrement... je ne suis plus du tout habitué au français...

[31'40"] En cycle ingénieur, vous avez aussi ressenti cette entraide ou un peu moins ? Je parle en maths si c'est possible de distinguer...

Alors en mathématiques spécialement y'avait un gros problème en cycle ingénieur : il y avait ceux qui venaient de cycle préparatoire, ceux qui venaient d'IUT, et ceux qui venaient d'universités. Et donc entre guillemet, il y en a qui partaient avec toutes les connaissances nécessaires en fait. En prépa il y avait quasiment tout ce qui fallait parce que le profs faisaient des cours qui partaient du principe que tout le monde avait ces connaissances-là et tous les autres élèves qui n'avaient pas toutes ces connaissances entre guillemet étaient à la rue et il y avait un tel travail entre guillemet pour leur expliquer tout que d'une certaine façon **ça ne favorisait pas du tout le travail en équipe et ca favorisait au contraire la création d'une sorte de caste au sein même de la formation ingénieur. Entre les post prépa, les post IUT etc. Alors, il y a eu des choses qui sont été organisées par l'école d'ingénieur pour lutter contre ça : des cours de soutien mathématique**. Mais très honnêtement, entre ingénieurs post prépa on s'entraidait, parce qu'on savait très bien entre guillemet ce que savait l'autre donc il n'y avait aucun soucis, par contre **il n'y a jamais eu d'entraide entre post prépa et post IUT et post fac parce que tout simplement on ne sait pas ce que l'autre ne sait pas**. Du moins, on sait plein de choses que l'autre ne sait pas mais l'autre sait aussi plein de choses que nous ne savons pas et du coup **on n'arrive pas à trouver de langage commun**. Moi personnellement j'ai toujours été en binôme avec quelqu'un qui était post IUT mais en quelque sorte, **j'ai toujours fait la partie mathématiques et il a toujours fait la partie informatique**. Ca a toujours été plus ou moins organisé de cette façon, ce qui fait que moi j'ai une vision de la partie informatique assez inférieure à la sienne alors que lui a une vision de la partie mathématique assez inférieure à la mienne. En fait, cet aspect-là pour moi, **prouve quelque chose qui est un peu dommage, c'est qu'il y a différent type de diplômes d'ingénieurs j'ai l'impression**. C'est-à-dire que **les diplômés d'ingénieurs post IUT sont des gens qui sont beaucoup plus compétents dans la partie technique, et les diplômés d'ingénieurs post prépa sont beaucoup plus compétents dans la partie théorique**. Ce qui signifie aussi sur les post prépa sont aussi moins forts dans la partie technique. C'est le sentiment

que ça me donne. Après c'est une mauvaise généralisation entre guillemet comme on n'entend beaucoup ces jours-ci.

Ce qui signifie qu'un recruteur pourra choisir une candidat en fonction de son cycle prépa ?

Voilà, c'est ça ! C'est-à-dire que moi personnellement je n'aurais pas été post prépa j'aurais pas été pris. Ca c'est clair et net, alors que c'est le même diplôme d'ingénieur. Mais c'est comme ça et oui bon, je connais le cas d'autres personnes qui travaillent dans les métiers de R&D et c'est pareil. **Dans les métiers qui en sont pas de R&D par contre, ou c'est du développement pur et simple, là par contre, ça va être elle contraire** : ils vont préférer un ingénieur formé en alternance ou un IUT, plus pratique ou plus technique

PARTIE 4 - AUTOFORMATION

35'18"

Alors, totalement en fait, faut savoir que **à titre de hobby personnel**, en fait avec quelques amis à moi, ça fait longtemps que je fais de la programmation sur ordinateur, donc du coup, on avait commencé à faire un peu de 3D. **La 3D ça nécessite énormément d'opérations matricielles**, notamment tout ce qui est géométrique, **matrices de rotations** et tout ça, qui **ne sont pas très très approfondies en cours pour être honnête**. Ca nécessite aussi pas mal de compétences, comment dire, en **calcul différentiel**, tout cela... et donc c'est des domaines sur lesquels finalement je me suis auto formé **en allant sur internet, en essayant de faire des choses à plusieurs, avec des amis...**

Ce n'est pas directement en rapport avec votre métier...

Le truc c'est que **c'est devenu un plus pour mon métier**. C'est très clairement devenu un plus mais après c'est quelque chose que j'ai fait complètement en dehors des cours. Mais c'est pareil, **c'est toujours les mêmes questions. Par exemple, j'ai mis dans la liste un certain nombre de choses, alors j'ai parlé de la factorisation QR, Shur, des choses comme ça, des méthodologies pour calculer des valeurs propres. Ca c'est des choses qui sont vraiment utiles est qui sont plus ou moins abordées on va dire... Dans le cadre d'exercices, mais sans plus.**

Les dispositifs que vous avez utilisée alors, c'était plutôt en présence de vos amis pour travailler, par vous-même, vous avez développé un réseau entre vous, vous avez utilisé un certain type de ressources en ligne, ou des logiciels ?

Très honnêtement, ça a été **surtout avec des amis**, et on utilisait des ressources entre guillemets qui étaient à disposition, c'est-à-dire celles fournies par les **fabricants** informatiques. Par exemple, INTEL donne des **documentations**, NVIDIA aussi. Les **spécifications** de OpenGL par exemple abordent beaucoup de sujets mathématiques aussi. Et en fait, c'est avec des documentations purement techniques. Et aux **connaissances, entre guillemet de base** quoi.

Si vous deviez quelques différences entre ça et votre formation de mathématiques initiale. Qu'est-ce qui fait la différence ? Je comprends dans ce que vous me dites que l'envie est venue de vous. mais est-ce qu'il y a autre chose dans la forme.

Je dirais que c'est en fait l'**application finale qui a motivé la connaissance mathématique derrière**. Au lieu d'avoir la connaissance mathématique d'abord et ensuite de comprendre à quoi elle peut s'appliquer. Disons que le processus a été "tiens ça m'intéresserait de savoir comment on fait un moteur physique dans un jeu vidéo par exemple ?" Et après remonter de ça à directement "Bon bah c'est des opérations matricielles", à se dire "ah ces équations physiques sont résolues de cette façon, etc." Et en fait, c'est de partir d'un problème, c'est un peu bête, mais **partir d'un problème concret pour aller à la partie théorique**.

C'est une motivation...

Oui clairement en tant qu'étudiant..

Cette formation sur la 3D vous l'avez faite à quel moment ?

C'était pendant ma deuxième année de prépa. J'avais autre chose à faire aussi... mais oui, en fait on avait des TIPE à réaliser et justement, avec un panel de sujets qui nous intéressaient et plusieurs amis on avait choisi plusieurs aspects d'un problème qui nous avait permis de consacrer du temps officiel entre guillemet pour faire nos études sur des sujets qui nous passionnaient nous. Et ensuite, en fait on a continué, jusqu'en première et deuxième année d'école d'ingé à travailler là-dessus, jusqu'à ce qu'on n'ait définitivement plus le temps en fait...

(Remerciements)

40'20"

Merci à vous pour votre sujet de thèse ! C'est important je pense...

Pierre

Jeudi 9 juin 2016 - 12h

PARTIE 1 - REGARD SUR LA FORMATION

0'00"

Qu'est-ce qui m'a servi ?... C'est toujours un peu délicat. **Je m'en rends compte un peu tous les jours, des contenus où justement des fois on ne voyait pas forcément la portée que ça pouvait avoir...** et on se rend compte, alors ça va être des choses très **basiques**. Des fois bêtement des **chiffrages, des devis, des estimatifs...** bête arithmétique, hein ? Et puis ça peut aller sur des choses comme des **télécommunications**, des choses comme ça où il faut calculer des **atténuations**, des choses un peu plus compliquées. C'est assez général. Et vraiment ça été **plutôt bien adapté et plutôt bien amené en plus...**

Bien adapté en cycle ingénieur. en particulier ?

Oui, vraiment. Si je fais le parallèle avec ce que j'ai vu en lycée et IUT, c'était peut-être plus généraliste, ou honnêtement, j'avais parfois des difficultés à voir la portée des choses, et à voir vraiment où ça m'amenait, quoi... Et puis pour calculer une **intégrale**, honnêtement, **si on vous explique pas à quoi ça sert derrière, c'est juste pas forcément passionnant**, surtout quand comme moi on n'est pas matheux, matheux... Donc voilà, c'est vraiment **la grosse grosse différence, c'est qu'en cycle d'ingé on a eu des gens qui étaient d'une part passionnés, et puis qui amenaient des choses qui étaient vraiment orientés vers une application**. Et puis on le voyait quand on faisait l'habituel CM, TD, TP, **en TP quand vous appliquez ce que vous avez vu sur la partie crypto ou autre, vous essayer de chiffrer, déchiffrer**, des choses comme ça, ça reste des mathématiques, maintenant le fait qu'il y ait de la pratique et que ça soit vraiment **appliqué**, vous voyez vraiment tout de suite **l'intérêt...** c'est ça qui m'a marqué.

Et vous avez parlé de la manière toute à l'heure...

Y'a la partie où on essaye de challenger un petit peu la classe, c'est-à-dire que quand vous... toujours la partie crypto, c'est ça qui m'a marqué... quand le prof vous dit "voilà, je vais chiffrer ça de telle manière, vous avez telles infos, comment vous pouvez essayer de casser le code ?" y'a vraiment une **interaction** et on n'était pas seulement sur juste "je dispense mon cours et basta !", quoi... c'est ça je pense qui a changé dans la manière d'amener le cours.

C'est dû en particulier au fait que c'était très appliqué ?

C'est ça, c'est ça ! Les autres enseignements tiraient aussi directement profit de ce qui était vu, donc pour ça c'est peut être dû à une part de maturité. **Quand on arrive en cycle ingénieur on est peut-être un peu plus mature, on voit aussi aussi un peu plus que les**

choses s'imbriquent entre elles. Ce qu'on ne voit pas au lycée. On ne s'en rend pas compte. Mais c'est vrai que j'ai vu combien de fois des gens poser la question **au lycée : "mais à quoi ça sert ?"** Et c'est clairement le côté, on voit l'**utilité, c'est appliqué, c'est ça qui fait que c'était beaucoup plus intéressant, beaucoup plus enrichissant et que les gens s'impliquaient beaucoup plus...**

Et plus adapté à votre métier, finalement...

Oui, ça c'est lié aussi au cycle. C'est-à-dire que vous commencez **au lycée**, vous voyez un peu tout, vous découvrez un peu tout, **vous apprenez les bases.** Vous vous centrez sur ce qui va vous intéresser plus tard et ce que vous allez faire par la suite...

Et si je vous demandais si vous avez dans vos enseignants, des noms de de ceux qui vous rappellent de bonnes expériences ?

Oui, je peux peut-être vous les envoyer par mail par la suite si ça vous convient ? En majorité **c'était des profs qui venaient de la fac, tout simplement, de la fac de maths.** Et puis voilà, vous aurez les contacts. Je pense qu'ils seront très heureux de vous répondre.

PARTIE 2 - PROPOSITIONS

5'18"

J'essaierais de faire appliquer au maximum. Là on parle de l'informatique. J'inviterais les gens peut-être à programmer en utilisant ce qu'ils ont vu. Après, on peut imaginer que pour une école de chimie, on leur demande de calculer les choses qu'ils ont vues. **Toujours chercher une application directe...**

Et pour votre métier de tous les jours, quels contenus vous viseriez ?

La partie qui correspond aux ensembles etc. Je ne sais pas le nom global que ça porte... tout ce qui est **congruences** etc. Moi c'est ce qui me sert le plus que ce soit dans mon métier, ou même à côté, ce qui m'intéresse, on va dire. Puisque je travaille dans la sécurité. Dans le monde de la sécurité en général, c'est ça qui va me servir le plus... L'idée par exemple d'arriver d'un ensemble infini vers un ensemble fini, ça prouve tout ce qui est les **hash**, par exemple vous voyez en informatique ce genre de choses... j'espère que j'ai expliqué à peu près bien... Tout ce qui est **modulo**... Ca me sert aussi à côté parce que je suis passionné aussi par mon travail, donc tout ce que je fais à côté en sécurité etc. ça me sert vraiment pas mal, pour le coup. C'est une **base** qui m'a amené sur pas mal de choses.

PARTIE 3 - AUTONOMIE

7'55"

Est-ce que vous avez souvenir d'avoir développé votre autonome ?

Non, je pense qu'on était beaucoup chaperonnés, on a toujours été **beaucoup accompagnés**. Enfin, comme on était **en alternance** on avait en plus une équipe on va dire de **professeurs dédiés**, on n'était pas, on n'a jamais vraiment été livrés à nous-mêmes. La seule autonomie qu'on a pu avoir, c'est nous, par la suite, dans ce qui nous intéressait **d'aller chercher les informations, d'aller fouiller, d'aller apprendre des choses par nous-mêmes**. Mais sur l'apprentissage en tant que tel, **j'ai pas trouvé qu'on nous demandait vraiment beaucoup d'autonomie... On nous demandait de faire des exercices, etc.**

Avez-vous utilisé des logiciels ou autre... ?

On était très très encadrés sur la formation.

Cela représente-t-il un manque par rapport votre métier ? Avez-vous des propositions en ce sens ?

Je pense qu'on aurait pu avoir un peu plus d'autonomie et on aurait pu essayer de faire... vu que les profs qu'on a eus nous ont vraiment **passionnés**, vraiment apportés des... c'est ça qui est important, **c'est la graine, c'est la passion**. C'est peut-être plus travailler par nous-mêmes, chercher des choses, ça effectivement ça aurait pu être bénéfique. Maintenant, comme c'est une formation en alternance, il faut savoir qu'en parallèle quand vous êtes **en entreprise, l'autonomie elle vient quoi qu'il arrive**. On est bien obligés de l'avoir.

Pour ce qui est des mathématiques ? Au niveau pédagogique ?

Il y a eu une recherche de nous donner les billes pour nous, par la suite pouvoir, suite à nos études, pouvoir retrouver les infos, savoir où chercher ou se renseigner. Ca c'est bien, mais il n'y a pas eu.... au moment de la formation, une vraie recherche d'autonomie.

C'était plutôt une préparation à l'autonomie qu'un développement réel...

Voilà, c'est ça.

PARTIE 4 - AUTOFORMATION

11'12

Vous avez dit dans le questionnaire que vous avez utilisé des outils et des dispositifs pour un apprentissage en auto formation... La communauté ? des MOOC ?

Faut savoir que déjà, on avait **une plateforme MOOC au niveau de l'école** en elle-même qui permettait d'avoir accès aux différentes ressources. Maintenant, oui, ça nous est arrivé plusieurs fois d'avoir à chercher des infos parce que par exemple, on n'avait pas compris un concept ou la façon dont il était amené faisait qu'on n'arrivait pas à saisir... C'est quelque chose beaucoup sur lequel des fois on avait des difficultés. Parce que **chercher des**

explications sur un concept sur internet en mathématiques, c'est quelque chose d'assez difficile... en fait parce que y'a des barrières purement techniques : vous tapez une formule sur Google, vous n'allez pas obtenir grand chose. Et puis parce que la terminologie n'est pas toujours la même entre les pays, entre les personnes, etc. Donc, ... moi ça m'est arrivé pas mal d'aller sur des forums et des choses comme ça, pour voir ce qui se faisait. Pour essayer de comprendre, d'avoir des réponses, et beaucoup et là c'était vraiment une grosse difficulté.

C'était dans votre formation d'ingénieur ?

C'est ça ! Voilà, des fois vous avez un exercice, vous ne comprenez pas forcément... voilà, mais j'utilise internet tous les jours pour le reste. Pourquoi pas en mathématiques ? Et beaucoup c'est vrai qu'on n'a pas... y'a des grosses difficultés à trouver parfois les réponses, à comprendre des choses via internet car ce n'est pas toujours très facile de faire des recherches. Maintenant, des outils : j'utilise un petit peu le site du zéro pour tout ce qui est appliqué, on va dire, notamment à la crypto.

Encore aujourd'hui, dans votre pratique quotidienne, ça vous arrive d'aller chercher des ressources pour vous aider à résoudre des problèmes d'ordre mathématique ?

Ça peut. C'est assez rare ou c'est pour du perso souvent après maintenant. Voilà, des défis dans le monde de la crypto, des choses comme ça. Là, j'ai pas le choix, il faut que je cherche à côté. Maintenant, dans le professionnel, ça m'arrive assez rarement d'avoir à chercher des infos purement mathématiques. Pour des stats des choses comme ça, mais ça se limite à ça...

(Remerciements)

14"14'

Georges

Vendredi 10 juin 2016 - 9h30

PARTIE 1 - REGARD SUR LA FORMATION

01'27"

Alors pour moi pour la partie enseignement des mathématiques, **essentiellement, il y en a eu en classes préparatoires**, en fait. Puisque qu'en école d'ingénieurs, il y en a déjà qu'en première année et en plus, c'est concentré quasi exclusivement sur des choses qui sont du programme de classe préparatoire.

D'accord. Dans votre spécialité il n'y a pas eu de formation spécifique pour des outils mathématiques. sauf éventuellement en première année ?

Pour les gens qui ont fait des **classes préparatoire, c'était globalement que des rappels** puisque ça reprenait essentiellement les **intégrales impropres, le comportement de l'exponentielle, etc.** Ça n'allait pas plus loin. Et après la partie mathématiques, euh.. finalement les outils qui auraient pu être utiles, je pense notamment à des **propriétés statistiques** ou ce genre de choses, eh bien **c'est finalement au cours de l'enseignement des matières physiques où il y en avait besoin qu'on a fait ces choses-là.** Que ce soit sur les **mécanismes de résolution de physique quantique ou physique statistique...**

D'accord, donc pas dans un cours de maths mais plutôt un cours de physique appliqué...

Voilà. Du coup finalement, **entre guillemet c'est de la mauvaise mathématique puisque c'est de la mathématique de physiciens**, mais ça donne de **bons outils quand-même.**

Il n'y a jamais eu de démonstration de résultats. c'est ça qui selon vous...

Oui, après il y a... comment je vais dire ça... La physique en entier repose sur la notion d'infini, et l'infini est plus ou moins loin en fonction de ce qu'on fait. Donc toutes les approximations... enfin ça commence par les développements limités, mais ça c'est la version pour les nuls, et après toutes les approximations mathématiques qui se justifient dans un contexte de physique réelle, du coup tous les cas de mathématiques pures sont sortis du sujet. On peut diviser par zéro en physique, on peut avoir la racine carré d'un nombre négatif, enfin on peut faire des tas de choses en physique... ce qui n'empêche pas d'avoir du coup les outils, mais plus au sens outil, plutôt que compréhension du fonctionnement de l'outil.

Malgré le fait que certains enseignements ne vous ont pas été dispensés dans un cours estampillé mathématiques, avez-vous le souvenir de l'enseignement de certaines de ces notions qui, selon vous, ont été bien adaptés par rapport votre métier d'aujourd'hui ?

Alors une particularité de mon métier d'aujourd'hui, comme j'ai des fonctions de **chef de projet**, c'est que l'essentiel de mon activité est tourné vers le **savoir-être plus qu'une**

compétence scientifique. Donc, en fait, **la totalité de l'enseignement que j'ai reçu me sert de socle solide, pour tout le reste.** Pour notamment **comprendre mes interlocuteurs.** Aujourd'hui, j'utilise quasiment plus aucun outil scientifique sur rien. Comme j'ai fait prépa + écoles d'ingénieur + encore deux ou trois autres bricoles, ça me fait donc un background solide. Je ne renie rien, mais c'est vrai que **je ne fais plus de science ou presque plus de science.** Disons j'ai **un peu de traitement statistique**, enfin c'est de la version élémentaire. J'essaie d'en faire d'avantage, car je pense que sur les activités que je mène, **des propriétés, pour prendre les mots à la mode "de big data", pourraient apporter beaucoup.** Mais du coup le manque de pratique déjà, depuis 10 ans, et puis même le manque d'enseignement sur ces sujets-là... parce que **les mathématiques qu'on fait dans ce genre de parcours sont centrées sur l'arithmétique et l'algèbre.** Par contre, tout ce qui est propriétés élargies, donc **l'algèbre appliquée à la statistique ou ce genre de choses, il n'y en a pas du tout.** Donc du coup, forcément, **je vais m'appuyer encore une fois, compte-tenu de mon métier, sur des ingénieurs en modélisation et des chercheurs en mathématiques.** Et c'est là que, puisque j'ai déjà commencé à **échanger avec certains d'entre eux, que j'ai commencé à ressentir une lacune** puisque y'a des moments où y'a des principes qui m'échappent... Maintenant, il est certain qu'il y a quinze ans, quand je rentrais en école d'ingénieurs, **faire des maths ça me faisait chier puisque je ne voyais pas l'intérêt...** donc y'a aussi c'est problématique-là, mais **ça va au-delà de l'enseignement supérieur, de la présentation des mathématiques comme une caisse à outil pour la physique et les autres matières scientifiques...** Alors moi j'ai la chance d'avoir notamment un cousin dont c'est de dada donc j'ai pu comprendre un peu plus l'intérêt en tout cas. Mais je le vois notamment avec mes collègues, ou avec les copains, les mathématiques sont restées une caisse à outils, et du coup **quand on n'a pas pratiqué depuis 10 ans, la caisse à outils ça fait longtemps qu'elle est fermée...**

Donc selon vous le côté "boîte à outil" nuit à la compréhension de fond ?

C'est le côté uniquement "boîte à outils" qui nuit. Il faut que ça en reste une, parce que la justification des mathématiques **dans les sciences de l'ingénieur à part certains domaines spécifiques, je dirai de modélisation, les mathématiques restent une caisse à outils.** Mais par contre, l'élargissement sur par exemple, je disais ça il y a quelques années, **sur le sens de la division par zéro**, qui peut avoir un sens en physique mais qui en mathématiques est un problème... Ce genre de sujets ne sont pas traitables comme une caisse à outils, ça nécessite un peu de... **finalement les mathématiques sont un peu la philosophie des sciences...**

Il y a une nécessité d'abstraction qui apporte du positif dans la pratique si je comprends bien...

C'est ça ! Mais à mon avis, **il ne faut pas non plus passer intégriste et séparer l'ensemble.** Pour moi qui ne suis pas mathématicien, **un bon exemple d'enseignant en mathématiques, autant choisir les belles stars, c'est Villani.** Il a fait il y a quelques mois maintenant, un cours de mathématiques sur je ne sais plus quel site, sur les équations différentielles, qui pour autant qu'il était appliqué effectivement sur "à quoi sert une équation différentielles", et c'était la physique newtonienne qui intervenait là-dedans, a parlé aussi du

comportement mathématique du sujet... Ça faisait une belle combinaison des deux, et Villani est quelqu'un de **brillant**, et ça tout le monde le sait... mais voilà, c'est pour moi un modèle !

PARTIE 2 - PROPOSITIONS

10'52"

J'ai difficilement une idée là-dessus... Moi je préconiserais moins d'arithmétique par contre en école d'ingénieur on n'a fait quasi exclusivement que de l'arithmétique, et en fait **le soucis qui se passe en première année d'école ingénieurs, c'est qu'on a une majorité des gens qui sont issus des classes préparatoires**, qui ont donc en matière d'arithmétique et d'algèbre, quelque soit la filière, des compétences extrêmement solides, **et à côté de ça des gens qui sont issus de l'université ou d'IUT en mesure physique, en chimie, etc. Ils ont d'importantes lacunes**, et du coup pour eux le programme de mathématiques de première année d'ingénieurs est très difficile. Alors que, comme moi j'ai eu la chance de faire 2 "première année", pour plein de raisons liées à la chimie de mon côté. La deuxième première année, j'ai pas foutu un pied en cours de maths...

Finalemnt. ça sert plus de mise à niveau que de préparation à la formation ultérieure...

C'est ça. Voilà. Alors moi je crois, plus qu'en première année, parce qu'en première année on est jeune et con... je vais de nouveau dans mon école puisque je suis désormais vice-président des anciens, mais si j'ai bien compris avec les enseignants, y'a pas qu'en première année qu'on est jeune et con désormais... euh... mais **il pourrait y avoir, oui, des choses sur le sens des mathématiques**, en fait. Sur le, typiquement le genre d'explication de Villani, **ou sur les limites comparées des mathématiques en tant que mathématiques et en tant qu'outil de physique**. Sur toute la partie **comportement limite** pour avoir une vraie solide notion de qu'est-ce qu'on oublie quand on fait des mathématiques physique et à partir de quel moment est ce que ça peut poser un problème...

Justement. je reviens sur le fait que vous interveniez en tant qu'ancien... Auriez-vous des contacts qui pourraient m'aider sur mon sujet de recherche... Enseignant de maths spécialiste ou non...

Alors, le prof de maths quand j'y étais était une buse, enfin, sur ses compétences en mathématiques, j'en ne peux pas me prononcer, vu le nombre de fois où je l'ai vu, mais **en tant qu'homme, il était insupportable et à mon avis il avait des problèmes psychologiques graves...** Donc je pense qu'il est parti. L'actuel, je ne sais pas qui sait mais je peux me renseigner... Moi je peux essayer de contacter des profs de physique théorique qui enseignaient la physique théorique, je pense notamment à M. Fraisard Bertrand, Bruno ? B, c'est sûr... qui est un suisse-allemand qui parle parfaitement français, et qui est un théoricien de haut-de-gamme et qui bah du coup a dû combler de temps en temps des lacunes, notamment en **physique quantique appliquée à la matière** et qui faisait **des bons rappels de maths comme outils** en tout cas.

Et c'est quelque chose qui vous paraissait bien adapté à vos besoins. pour le coup...

Oui. Oui, mais du coup c'était **survolé comme un outil**. C'est apprendre par cœur le comportement d'une... alors "apprendre par coeur" non, parce qu'on reste dans le **domaine des intégrales et des propriétés étranges de certains opérateurs**... Alors c'est des définitions d'opérateurs au fur et à mesure qu'on en a besoin et finalement, jamais jamais de recul sur comment se comporte l'opérateur... **c'est le cours d'intégrales de terminale S quoi... on apprend les primitives et puis c'est réglé.**

PARTIE 3 - AUTONOMIE

16'46"

Moi, comme j'ai d'aucun diraient mauvais caractère, disons un **caractère fort... chaque fois que j'ai besoin de quelque chose j'ai été le chercher**. C'est le premier point, mais c'est quelque chose de naturel pour moi. En ce sens je me définirais comme quelqu'un d'autonome, et c'est ce qui me sert aussi beaucoup aujourd'hui, j'ai aucun mal à déléguer parce que plus je délègue et moins c'est moi qui fait, euh... et plus ça me laisse du temps pour encadrer le reste. Donc l'autonomie... moi **un des avantages que je vois au circuit prépa, au-delà de la qualité de l'enseignement, du fait d'être finalement en petit groupe** entre guillemets, **même si ça peut faire 40 ou 50 personnes**, ça reste plus compact qu'un amphi... **c'est aussi le fait qu'il y a tellement de travail let tellement de choses à faire et très peu de temps pour le faire que finalement, bah justement on n'a pas à réfléchir ou à faire de l'autonomie**. Entre les colles et les différents cours, finalement, **la voie est tracée**, y'a juste à y aller franchement. Il faut pas hésiter une seconde, mais d'un autre côté, quelque part le système barre à notre place. Et du coup **quand on a 20 ans et qu'on rentre en école d'ingénieurs**, bah déjà on a 2 ans de plus, on a travaillé pour de vrai, et donc **on a dû faire des choix rapides à un moment donné dans les examens mais ça s'étend...** à 22-23 ans, j'ai un RH qui m'ait dit **qu'il pouvait différencier les gens qui avaient fait prépa des autres à la rapidité dont ils prennent les décisions**. Sur le coup, j'avais trouvé que même si moi j'avais fait prépa, et je trouvais ça sympa de le dire mais je trouvais ça un peu con... mais non, c'est vrai ! Donc quand on rentre en école, on est déjà **plus mature, plus mûre**, on a beaucoup bossé donc développé beaucoup de **facultés d'analyse**, donc on a naturellement déjà plus d'autonomie. Alors quand j'entends ce qu'on me raconte maintenant sur les étudiants d'aujourd'hui, je me demande ce que ça donne quand on ne l'a pas développée... Je commence à entendre qu'ils n'ont absolument aucune autonomie sur rien, **qu'ils font ce qu'on leur dit et encore pas toujours, mais certainement pas davantage...**

Qu'est-ce que vous leur donneriez comme conseils ?

Moi, ça démarre assez simplement... j'ai tendance à dire aux gens que dans une assez large mesure, quand ils sont là pour apprendre, leur avis m'intéresse pas tellement. Comme ça c'est rude, mais il faut le dire. Mais il faut que ce soit assumé car de temps en temps certains enseignants dans ma carrière l'on dit et j'ai tendance à dire, ça m'est resté depuis longtemps que si on est vraiment très très bon, on a le droit d'être vraiment très très con ! Donc j'ai eu un de mes enseignants à l'école qui avait été cité au prix Nobel en physique, qui

au-delà de ses compétences comme enseignant, ce qui était une chose, mais au labo c'était quelqu'un d'imbuvable et d'arrogant et de caractériel... ouais mais bon il a failli avoir un prix Nobel quand-même donc euh... ça fait un excuse ! Ça ne veut pas dire que c'est une justification, c'est juste une excuse ! À partir du moment où on est vraiment très très bon, on peut dire à un gosse de 20 ans "Écoute, ta gueule ! Je te dis ce que tu... c'est comme ça que ça se passe !" Maintenant, je vais passer sur plus tôt que ça encore dans les études : j'ai mon témoin de mariage qui a fait des études lui, du côté commerce, et qui, alors qu'il était probablement, puisque ça parlait d'intégrales, il devait être à peu près **en première ou en Terminale, avait posé la question à sa prof de math "A quoi ça sert ?" et sa prof lui avait dit "je ne suis pas là pour t'apprendre à quoi ça sert, je suis là pour t'apprendre comment calculer !"**... ce qui est tout à fait exact en soi, pour autant, **c'est pas la façon de le dire** et donc il me dit qu'il a décidé à ce moment-là que les intégrales ça servait à rien, puisqu'un jour il était tombé sur un vieux cours à moi et donc, "j'ai jamais rien compris" et "j'ai décidé que ça servait à rien". Je lui dis **"d'abord t'as rien compris parce que t'as pas essayé, et ça sert à rien, parce que t'es con !"**. Et comme il est motard comme moi et **passionné de sport automobile, j'ai commencé à parler d'amortisseurs ou toute autre structure à comportement intégral**, et je ne le loupe jamais quand il y a un truc qu'il me dit "Mais ça, comment ça marche ?" bah je lui dis "Ça déjà c'est basé sur les intégrales !" **Donc il y a un côté où les maths ne servent à rien et un côté où la physique qualifient les maths comme une boîte à outils**. Faudrait peut-être ajuster entre les deux. Ça n'aurait rien coûté à la prof de maths de dire que les intégrales définissent un certain nombre de comportements physiques et notamment leur évolution dans le temps et que pour les détails, ça se verrait en cours de physique. Même si elle ne maîtrise pas après ce à quoi ça sert en physique éventuellement, c'est pas la question... Et donc au-delà de ça, pour c'est surtout symptomatique... **mon père était enseignant, instituteur** alors... pour moi j'ai été éduqué disons d'une façon où pourquoi l'enseignant me demande d'apprendre un truc se posait pas tellement et fallait l'apprendre c'est je veux dire... J'ai jamais entendu à la maison entre guillemets "ça, ça sert à rien dans la vraie vie", quoi... Donc pour ça j'ai du coup une analyse un peu biaisée de la situation. Maintenant, l'autonomie des étudiants il faut forcément la développer, mais ça a un coût si on veut que le résultat soit bon, c'est qu'il faut que les enseignants le soient aussi. C'est-à-dire que **l'autonomie elle vient de l'envie d'apprendre, et ça, soit le mec est passionné d'un sujet et ça viendra tout seul indépendamment des compétences de l'enseignant, soit il faut que ce soit l'enseignant qui donne l'envie**. Pour moi, **la valeur positive de l'autonomie, c'est quand elle est utilisée dans le sens de rechercher, organiser son propre temps, sa propre réflexion, arriver là où on veut**. Si maintenant, c'est, "bah de toute façon, il faut que j'ai 20 UV dans l'année, j'en choisis 20 au hasard, en particulier, ceux où les profs sont les moins sévères, parce que finalement y'a aucun prof qui donne vraiment envie, c'est pas la peine. C'est de l'autonomie qui sert à rien, ça !

Il y a aussi la question des outils, en mathématiques... Je pense à des logiciels, des calculatrices, internet...

Alors moi en particulier, j'ai toujours été un **passionné d'informatique**, donc j'ai toujours eu les **calculatrices dernier cri**. Donc oui, j'ai développé une autonomie parce que j'ai toujours été, disons, jusqu'au bac, **j'ai toujours été bien meilleur que mes enseignants quelque**

soit la matière dans l'utilisation des outils informatiques et y compris les calculatrices. Donc si je voulais que ça marche il fallait que je le fasse seul. Et surtout, j'ai assez vite compris que **mieux je savais m'en servir et plus facile ce serait de résoudre mes problèmes**. Donc moi **l'autonomie** je l'ai beaucoup utilisée pour **en faire le moins possible**. Ce qui donne qu'aujourd'hui j'ai du coup une **abstraction et une capacité à automatiser beaucoup de choses qui me permet de travailler beaucoup plus vite qu'un certain nombre de mes collègues...** mais voilà la justification à l'autonomie c'était toujours pour avoir plus de temps pour faire autre chose, et en particulier des choses qui m'intéressent. Par contre, moi j'ai eu mon bac en 1999 donc l'informatique à l'époque en prépa, on utilisait un peu Maple, le logiciel de calcul symbolique...

Et ça vous a donné envie de l'utiliser par vous-mêmes, ou vous restiez dans le cadre des séances de TP ?

Moi, à l'époque, j'avais une TI92, l'énorme calculatrice qui était grande comme une demi-page A4 et dont le logiciel intégré faisait déjà du calcul symbolique. Et je l'avais, quand je suis rentré en prépa, ça faisait déjà 2 ans et demi que je l'avais... Certes Maple est bien plus performant que la calculatrice, mais j'ai pas eu de "waouh effect" puisque pour moi c'était quelque chose d'assez courant finalement, enfin je veux dire...

PARTIE 4 - AUTOFORMATION

29'30

Quand j'ai du temps, malheureusement en ce moment ce n'est pas le cas, mais quand j'ai du temps, effectivement, **j'essaie de suivre au moins un MOOC** à la fois. Au départ je pensais pouvoir en faire plusieurs, mais je me suis rendu compte que ce n'était pas le cas...

Je parle des mathématiques en particulier...

Après, moi j'ai suivi celui (d'ailleurs qu'en partie parce qu'après j'ai eu beaucoup de boulot donc je ne suis pas allé jusqu'au bout)... **celui de Cédric Villani**, mais là c'était **pas parce que j'étais particulièrement passionné par le sujet** des équations différentielles, bien que ça m'intéresse en soi, mais c'était surtout **pour l'enseignant**. On en revient à ce que je disais sur l'autonomie toute à l'heure... Donc, chaque fois que j'ai eu besoin d'un outil, comme je l'ai dit, je suis dans l'informatique depuis longtemps, mon père avait un ordinateur à la maison quand je suis né en 1981 ce qui était plutôt rare à l'époque, donc moi j'ai toujours connu l'informatique et donc j'ai toujours connu les outils pour trouver des réponses. Et en plus il était enseignant donc **j'ai toujours eu à la maison, disons pas tous les bouquins, mais beaucoup de bouquins qui ont pu m'aider à trouver les réponses à mes questions. J'ai connu la vie avant wikipédia...**

Mais vous l'utilisez aujourd'hui quand-même volontiers [Wikipédia]...

Oui, disons que ça fait une **première approche** intéressante et souvent ça fait même **l'approche complète** puisque, comme je l'ai dit toute à l'heure, je ne suis plus dans la

science donc **je ne rentre plus à fond dans les sujets**. Mais j'ai toujours eu effectivement à la fois les outils pour apprendre et le goût d'apprendre quand ça me servait à quelque chose. Parce que là je me présente d'une façon intéressante au niveau des sciences, mais si vous faisiez une enquête sur l'histoire-géo, ce serait différent ! J'ai eu 6 au bac, mais bon, chacun son domaine....

Et les communautés d'apprentissage. ça représente quoi pour vous ?

C'est surtout **les forums** en fait... j'ai été sur les forums assez tôt dans l'histoire des forums et puis donc c'est surtout par les forums et puis moi ça s'est surtout appliqué à l'informatique, même s'il y a eu quelques autres sujets...

Pas de sujets mathématiques par exemple ?

Il y en a eu quelques uns, mais c'est des sujets connexes. Y'a... je vais vous donner un exemple de sujet à composante mathématique mais appliqué à l'informatique : dans les processeurs, on utilise depuis 25 ans maintenant une prédiction de branchement, c'est -à-dire une façon de prédire le résultat avant d'avoir les deux éléments de l'équation. C'est basé sur une algèbre statistique, alors qui a démarré par étant "on dit toujours oui"? On considère -bien sûr c'est pour des questions "oui" ou "non"- on considère que c'est toujours "oui" et statistiquement si on s'est pas gouré, statistiquement ça peut être pas mal au niveau des résultats puisqu'effectivement en informatique, quand on fait une boucle "if" on suppose souvent que c'est "oui". Après comment est-ce qu'on fait aujourd'hui pour avoir des prédictions de branchement avec l'efficacité qu'on connaît puisque la performance des moyens informatiques dépend énormément 1) de la prédictions de branchement, 2) de l'équivalent de la prédiction de branchement pour la gestion de la mémoire, parce que plus la donnée est proche du processeur plus il l'exécutera vite quand il en aura besoin, mais comme c'est avant qu'il la demande, la donnée, et bien il faut prévoir de laquelle il va avoir besoin. Donc voilà. C'est un des sujets sur lesquels y'a un sujet de mathématiques statistiques, d'algèbre statistique, pour pouvoir comprendre. Mais ça peut être des sujets du type, sur un certain nombre de découvertes scientifiques. Mais compte-tenu du passif que j'ai c'est souvent des rafraîchissements en fait, plus que des apprentissages. Sur la physique stat ou la physique quantique quand on découvre un nouveau truc. Quand j'ai dû écrire, j'ai été journaliste à un moment donné dans l'informatique, quand j'ai eu quelqu'un qui m'a demandé d'écrire un article sur comment fonctionne un capteur d'appareil photo. C'est un sujet éminemment quantique, avec forcément des équations d'Heisenberg et autre... sont l'enfer à résoudre. Donc avec là du coup c'est moi qui a dû faire l'effort de simplification, de vulgarisation. Il était hors de question pour quelqu'un comme moi qui à l'époque était capable de les résoudre ces conneries d'équations, de les écrire sur un article grand public, parce que sinon c'est pas grand public. Donc c'est écrire un article qui parle de sujets qui sont éminemment scientifiques et techniques, sans écrire une seule équation parce que sinon, enfin je veux dire dès qu'on en écrit une c'est prendre le risque de se laisser entraîner. Et du coup ça permet aussi, quelque part, moi je conseillerais aux gens d'essayer de faire ça... ça permet aussi de se rendre compte de combien il y a d'informations dans une pauvre équation de 10 symboles ! Donc voilà. Pour moi c'est des forums, y'en a quelques

uns des sujets mathématiques qui sont intéressants. C'est aussi des discussions éventuellement dans le cadre de masterclass, ça peut arriver...

Et tous ces moyens pour vous qu'est-ce que ça fait comme différence avec votre formation initiale en maths ?

La première différence, c'est qu'en général **j'ai envie d'apprendre** ce que je viens pour apprendre. Et la seconde, qui est connexe, c'est que **je choisis finalement entre guillemet l'enseignant, avec plein de guillemets quand il s'agit d'un forum...** Donc c'est de toute façon quelque chose que je choisis. C'est plus **personnalisé**, mais pas seulement du **contenu** mais aussi au niveau de la **façon** dont il est présenté. Et je crois que **les deux sont étroitement liés**, toujours. C'est aussi l'autre sujet rattaché, c'est qu'au bout d'un moment si ça me gonfle et bien j'arrête et puis c'est tout !

Est-ce que l'utilisation de formations à distance dans une formation initiale pourrait répondre à un certain nombre de manques dans votre formation initiale ?

Non. Dans la formation initiale, moi **je crois beaucoup à l'enseignement avec des élèves et un professeur...** Alors si c'est tourné sous forme de MOOC pour gagner de la place dans les amphis, pourquoi pas, même si moi je n'ai jamais connu les amphis bondés en fait parce que je ne suis pas passé par l'université pour les premières années. Moi, les plus grands amphis dans lesquels j'ai été en tant qu'élève, c'est environ 200 personnes. Ce sont des tous petits amphis. Donc, même si en tant qu'intervenant je suis allé parlé dans le grand amphithéâtre des arts et métiers à Paris qui, en plus d'être superbe et vraiment pratique à utiliser est vraiment très grand ! Pour l'enseignement à proprement parlé, indépendamment des matières, y'a une façon très simple de voir les écarts entre les gens les cultures, les façons de faire, c'est vous prenez **Coursera** par exemple, une des plateformes que j'utilise quand j'ai le temps, et vous prenez un cours de l'école **polytechnique**, dont on ne peut pas attaquer la valeur en tant qu'école, et puis vous prenez derrière un cours sur un sujet, alors ça n'a pas besoin d'être le même. Pour pouvoir comparer, il faut qu'ils ne soient pas trop loin, mais de Stanford, du MIT ou de Pennsylvanie ou n'importe où... et **l'écart est très important dans la façon de présenter les choses ! Évidemment la méthode américaine, se prête énormément à de l'autoformation, à de la formation parce qu'on a envie, etc. parce que c'est extrêmement didactique. Maintenant est-ce que dans ma formation initiale il faut le faire comme ça ? Ça je ne suis pas du tout convaincu.** Mais ce qui est sûr c'est que **dans la formation à titre volontaire, oui, ça me paraît important.** L'exemple que je donne, c'est j'ai fait un cours qui est pourtant relativement ardu pour quelqu'un qui n'a pas le temps, qui s'appelle "model thinking" qui est de je ne sais plus quelle université américaine, Pennsylvanie ou Michigan peut-être, qui est sur Coursera, qui dure quand-même 11 ou 12 semaines, et où le mec parle de modélisation. Et il parle de façon intéressante, en commençant par des sujets du type "comment on modélise une standing ovation dans un théâtre ?" Et après, ça continue sur des écarts, il y a quelques équations par-ci par-là, mais c'est beaucoup sur les concepts. Et derrière j'ai suivi un cours sur les cellules photovoltaïques de polytechnique, et là, au bout de 45 secondes dans le cours y'avait les premières équations qui apparaissaient au tableau ! Et pas des équations simplifiées... qu'à l'époque de mes études j'aurais parfaitement compris, mais là j'avais pas

le temps, donc je me suis accroché pendant une petite demi-heure et puis j'ai dis OK, c'est pas ce que je cherche donc fin de l'histoire... Et ça s'est arrêté là. Et c'est là qu'est de temps en temps le manque que je ressens en matière de mathématiques, c'est qu'aujourd'hui j'ai plus le temps de me pencher sur les fondamentaux. Je vais prendre une phrase d'un de mes enseignants, à l'époque j'étais en prépa : "l'ingénierie c'est la science des ordre de grandeurs" et ça marche que si on est capable de faire des bons ordres de grandeur, et donc le cours sur "model thinking" finalement a impliqué très peu d'équation. Donc soit on les rend comme un livre de recette, et ça correspond à ce que je disais sur la physique toute à l'heure, soit on a plus de background scientifique et on le prend avec plus d'abstraction et c'est cool mais le cours n'y emmenait pas, donc pour moi la responsabilité de l'enseignement initial, c'est aussi de donner cette capacité d'abstraction ! Et ce, sur tous les sujets. Et ça reste nécessaire. Alors après il faut ajuster : est-ce qu'on a besoin de passer autant de temps sur la façon de calculer l'intégrale impropre ? C'est pas certain parce que au final, je pense que si je demande à mes collègues de promos "c'est quoi le sens d'une intégrale impropre ?" je pense que les résultats vont à la fois me désoler et m'amuser ! Parce que finalement, on passe énormément de temps à les calculer, à trouver des façons de les calculer, et très peu à lui attacher un sens. Dans mes études et dieu sait qu'elles ont duré, le fait que l'intégral ce soit l'aire sous la courbe, je l'ai peut-être entendu 3 fois en 10 ans d'études supérieures et je me rends comptes que certains ne l'ont jamais entendu. Et quand ils l'ont entendu, c'est passé au travers ! Et c'est ça le vrai problème !

(Remerciements)

Et moi j'ajouterais que j'ai dit toute à l'heure que j'intervenais de temps en temps à l'école, et je suis en train d'envisager de mettre en place une intervention d'anciens élèves pour **tout ce qui n'est pas scientifique et qui manque à un ingénieur quand il débarque, tout ce qui est "soft skills "en fait...** aussi bien de la gestion de projets qu'un verni... alors ce seraient des interventions qui dureraient 1 heure maximum. Pour moi, un modèle d'intervention c'est les TED (ted.org) et vous allez avoir de dizaines de milliers d'interventions filmées, parce que je crois que ça a 30 ans comme asso, et qui laissent 15 minutes à un intervenant pour parler d'un sujet. Les sujets peuvent éventuellement sensibles, mais les intervenants sont coachés avant leur intervention pour que ça reste dynamique et vivant. Alors c'est intéressant regarde en terme de contenu, ça c'est une chose, mais ça vaut le coup aussi à regarder en terme d'organisation pour rendre les choses vivantes. Et il y a après des TED X, qui sont des associations affiliées qui font des organisations un peu partout dans le monde. J'ai assisté il y a quelques mois à ça dans l'amphi de polytechnique, et je suis presque sûr qu'à Rennes il y en a ! Ça vaut le coup à regarder pour voir comment on rend un truc vivant très vite. Même si bien sûr, comme ça dure 15 minutes, ça ne peut pas s'appliquer et qu'il n'y a aucune équation etc. C'est quelqu'un qui parle ! Ça ne peut pas s'appliquer un cours à proprement parler...

Mathieu

Mardi 14 juin 2016 - 18h

PARTIE 1 - REGARD SUR LA FORMATION

02'05"

Moi, en maths, j'en ai vu à peu près de toutes les couleurs, d'un extrême à l'autre... La réponse du normand, disons qu'un juste milieu aurait été bien... **Jusqu'au bac je trouve que la formation en math était d'un niveau correct, enfin tout le monde suivait.** Et ensuite, après le bac j'ai fait **un an de prépa** et pendant l'année de prépa la formation de maths, enfin **les cours de maths, enfin c'est vraiment ça qui m'a complètement dégoûté** alors que j'avais **énormément pris goût aux maths au lycée**. La charge de travail plus que les maths en elles-mêmes et notamment en maths, puisque les 2/3 du temps on fait ça, m'a complètement dégoûté et ça a fait que je me suis réorienté à la fin de la première année. Et donc franchement, les maths de la prépa ça m'a aidé mais **c'est vraiment genre 10% qui m'ont aidé ensuite**. Donc les choses qui m'ont aidés sont **l'algèbre linéaire de base, l'analyse de base, les équa-diff tout ça... qui sont vraiment en plus utiles pour un travail d'ingénieur**. Je me rappelle, les probas, un peu, les **probas-stats de base aussi sont un peu utiles**, mais **les probas poussées, les théories des groupes**, enfin, c'est des vagues souvenirs... **la topologie**, je me rappelle, **là c'est le summum de l'abstraction ! Je ne sais pas pourquoi on apprend ça en prépa ?** Moi j'ai ma théorie personnelle : je pense que c'est plus parce que ça s'inscrit dans **l'élitisme** un peu du **système français des écoles d'ingénieurs**, donc c'est plus là pour faire une **sélection** que vraiment pour apprendre des choses. J'ai énormément d'amis qui sont ingénieurs maintenant, ou en tout cas qui ont fait une formation semblable, et même ceux qui ont fini la prépa et qui ont continué en école d'ingénieurs après m'ont dit c'était **largement pas nécessaire et qu'ils ont tout oublié...**

Et spécialement dans le domaine de la chimie ? puisque vous vous êtes ingénieur chimiste...

Dans tous les domaines. J'ai des potes qui sont ingénieurs électroniciens, des potes qui sont en mécanique, beaucoup de potes chimistes... et tous sont d'accord là-dessus.

Et vous après votre première année de cycle prépa, vous êtes parti à l'université, c'est ça ?

Voilà, j'ai quitté l'année de prépa avant la fin. Pour la petite anecdote, je suis arrivé devant le nième devoir surveillé de math, je crois que c'était en avril, en n'ayant pas tellement bossé, parce que c'est ça le problème : **on a tellement de cours que si on veut avoir une vie personnelle à côté, on n'a pas tellement le temps de bosser chez soi...** enfin, c'est le choix que j'avais fait moi. **J'avais pas envie de lâcher ma vie perso**, surtout à l'âge qu'on a à ce moment-là. Du coup devant le DS, je me suis dit "non mais je ne vois pas pourquoi je fais ça!" et je me suis barré. Et du coup, comme c'était avant la fin de l'année, j'ai pas eu

d'équivalence et j'ai démarré en **licence 1 de chimie, parce que c'est ce qui m'avait le plus plu**. La physique aussi pas mal, **les maths, à part vraiment les bases, je ne voulais plus en entendre parler**. Et du coup, L1 Chimie puis L3 chimie-physique parce que j'aimais quand-même beaucoup les deux. Et donc en licence, en tout cas à Strasbourg, **les maths ce n'est qu'en première année**. Peut-être un peu en deuxième, mais je crois que c'était une option, en fait. Là on voit toutes les **bases**, donc effectivement **les choses utiles : l'analyse un peu de base, les équations-diffs, l'algèbre linéaire de base, travailler avec les matrices** tout ça... pour utiliser pour, je ne sais pas si vous connaissez **la symétrie moléculaire, ça se base pas mal sur l'algèbre linéaire mais vraiment de base...**

Faire de la géométrie avec des matrices ?

Exact. Après je trouve que c'était **particulièrement léger à la fac. Un peu trop à l'inverse !** On avait une ou deux heures de cours par semaine. Là c'est l'extrême ! Alors pour moi ça ne posait pas problème car ayant quand-même absorbé 10% de ce que j'avais vu en prépa, du coup je me baladais, c'était bien parce que j'ai aussi un peu eu l'occasion d'**aider mes camarades et du coup de me remettre encore plus en tête les maths**. Y'a pas mieux qu'en enseignant pour apprendre encore mieux... du coup j'ai compris comment font les professeurs pour savoir aussi bien, c'est **à force d'enseigner aux autres, on connaît sur le bout des doigts !** Mais effectivement, moi je n'ai plus rien appris en math à la fac.

Ensuite, après la licence j'ai fait un **master 1** à l'UFR de physique qui était en fait aussi toujours sur les matériaux polymères, donc pour moi c'était idéal car je cherchais comment allier au maximum la chimie à la physique, et les matériaux polymères c'était l'idéal parce que avec la synthèse chimique on construit des matériaux solides avec pleins de propriétés physiques formidables. En plus, comme j'avais toujours derrière la tête l'idée d'intégrer une école d'ingénieurs, c'était quand-même le but à la base, le master polymères à Strasbourg c'était ce qui collait le mieux à la formation qui est faite à Chimie Strasbourg parce qu'ils ont une spécialité polymères qui est quand-même rare en France : il y a 2 ou 3 écoles maximum de chimie qui la proposent, avec des **professeurs notamment en commun qui enseignaient en master et à l'école d'ingénieurs**. Du coup moi ça m'a permis de facilement me faire un peu remarquer et après de présenter le dossier et d'**intégrer l'école par la suite**.

Et vous l'avez intégrée en quelle année du cycle ?

En deuxième année, et du coup là on fait la connexion avec les maths. À Chimie Strasbourg, la deuxième année, il n'y a plus de maths. Il y a un peu de math en première année, dont je ne connais pas le contenu, mais **il me semble que c'est un peu des rappels de base de ce qui est utile : l'analyse de base et l'algèbre de base**.

Avez-vous quand-même le souvenir d'un enseignement particulièrement bien adapté ?

Après le bac, non. Mais après est-ce que je n'aurais pas vu les choses autrement si je n'avais pas fait la classe prépa et j'avais fait que la fac ? Peut-être qu'en faisant que la fac. Je me dirais maintenant que ça me suffisait. Parce que je pense que grosso modo, ça

suffisait. Mais effectivement en sachant tout ce qu'il y a en plus, je me dis que c'est peut-être un peu limité, voilà. Mon regard est peut-être un peu biaisé.

PARTIE 2 - PROPOSITIONS

12'15"

Ce qui manque vraiment, pour moi, c'est pas tellement des maths en soi, mais c'est **l'informatique, ou en tout cas utiliser l'informatique pour les maths**. Je ne sais pas comment on dit ça, mais... **modélisation** ou tout ce qui est **transformer un problème en un problème itératif**... Ça ça manquait cruellement à la fac et l'on l'a vu en école d'ingénieur mais c'était même pas dans un cours de maths, c'était dans un cours de physique des polymères pour pas rentrer dans les détails où le professeur nous a montré comment un peu modéliser et donc il a posé une équation-diff et il a montré comment l'adapter à un **tableau excel** et la résoudre de manière itérative sans... du coup il n'y a même pas vraiment besoin d'aller résoudre parce qu'on fait **par récurrence**. Ça c'est **formidable** et finalement **dans la réalité**, on fait ça puisque dans l'industrie les problèmes c'est jamais **c'est toujours de la modélisation, de la simplification. C'est jamais des maths pures. On ne résout jamais une équation de manière exacte...**

Imaginez qu'on vous demande de retourner faire un cours dans votre école d'ingénieur pour faire un enseignement de mathématiques...

Effectivement, je m'assurerai que les **bases en analyse** soient acquises et après j'apprendrais quelque chose de nouveau que moi je n'ai pas eu, moi c'est **apprendre à utiliser l'outil informatique pour résoudre des problèmes mathématiques**.

Parce que ça vous est nécessaire et c'est un manque selon vous...

Exactement... Résoudre les équations-diff sur un tableau excel je ne dirai pas tous les jours mais **les maths je ne les fais que sur excel maintenant !** Même pour des problèmes de **thermodynamique** enfin, moi je fais tout comme ça. Bien-sûr y'a des logiciels qui font ça, du coup quand on devient, quand on va dans une boîte qui fabrique des équipements pour l'industrie chimique ou fait des **calculs de résistance de matériaux** et tout, eux, ils **n'en font plus rien eux-mêmes à la main, il y a des routines. Ils mettent leurs conditions initiales, le dessin, la structure du truc et après le logiciel fait tout le calcul**. Pour des ingénieurs comme moi qui, euh...comment dire dont la simulation la modélisation n'est pas le cœur de métier, on a juste besoin de grosso modo de se rendre compte, de faire des trucs un peu simple. Et surtout on n'a pas ces logiciels-là. Parce que j'en ai utilisé des logiciels comme ça. **On en a eu un cours sur un logiciel comme ça, mais voilà on les utilise pas... dans beaucoup de cas**. C'est que quand c'est le cœur de métier la modélisation. Et du coup, apprendre à les utiliser un tableau excel pour faire la même chose mais de manière simple, c'est déjà pas mal.

C'est la simplicité de l'outil qui permet un peu de mieux rentrer dans le détail du système mathématique sans complication...

Exact...

PARTIE 3 - AUTONOMIE

16'50"

C'est **primordiale**, pour commencer à parler d'autonomie en général... pour moi c'est primordiale. Après c'est plus ou moins **inné**, ou en tout cas chacun l'a plus ou moins développé que d'autre en arrivant déjà dans les études supérieures. Pour moi c'est primordiale, je veux dire... juste un exemple : quand j'ai été stagiaire souvent, on m'a souvent complimenté par le fait que je n'ajoutais pas trop de charge de travail à mon maître de stage et voilà... et maintenant, quand je suis maintenant de l'autre côté de la barrière, en tant que ingénieur dans l'industrie et que je prends des stagiaires et de temps en temps **je prends des stagiaires, c'est la qualité la première que je cherche**. Et aux entretiens, je demande "est-ce que voilà ... montre moi comment t'as pu être autonome dans tel stage précédent ou dans tes études !" et **ça va passer limite avant les capacités techniques et les connaissances** puisque ça s'apprend plus facilement et les compétences manquantes que l'autonomie quoi.... Et l'autonomie, pour moi, ça se développe vraiment pas que dans les études supérieures, ça se développe depuis qu'on est né à mon avis... C'est par la **curiosité**, aller chercher les choses par soi-même, aller voir par soi-même, pas être timide, etc. Moi j'ai la chance d'avoir un caractère assez fort, j'ai pas trop peur machin de me lancer etc. Du coup, ça fait que dans toute ma vie je n'ai fait qu'alimenter le fait d'être assez autonome maintenant, mais pour certains effectivement, ce n'est pas le cas et il faut absolument qu'ils la travaillent ! Et je pense que **pour travailler l'autonomie, il faut juste se jeter en-dehors de la zone de confort**, aller, je sais pas... les stages à l'étranger où on ne parle pas du tout la langue. Ou se lancer dans des domaines dans lesquels on n'est pas tout à fait à l'aise... je parle en réfléchissant... Il y a sûrement d'autres façons de faire, mais en tout cas c'est clair c'est **hyper important**. Et pour ajouter, c'est hyper important parce que dans l'industrie, on est peu. En tout cas, **en France, l'industrie, on tire sur la corde à fond, on est vraiment peu nombreux pour faire un travail immense, et il est important que chacun soit très autonome et n'ait pas trop trop besoin de tous les autres**.

Vous parliez d'un développement depuis la naissance, mais qu'est-ce qui selon vous après le bac est fait pour aider les étudiants à développer leur autonomie ? Tant du côté général que mathématique...

En prépa, pfff... c'est une dimension différente ! Moi j'avais l'impression, enfin pendant le début de l'année où j'essayais encore de travailler à fond, moi j'appelle pas ça apprendre à être autonome ! On apprend des quantités incroyables qu'on régurgite, on apprend des raisonnements, mais j'avais l'impression d'**apprendre des raisonnements par coeur, j'apprenais pas à raisonner**. Vous voyez ce que je veux dire ? Du coup pour moi, apprendre un raisonnement par coeur... et on faisait **zéro recherches par soi-même, il fallait qu'on fasse 100 exercices, c'est du travail à la chaîne** limite quoi... **Zéro autonomie...**

A la fac, alors la fac par essence il faut être plus autonome, du coup de par le fait qu'on est sortis de sa zone de confort au niveau autonomie et indépendance, **par essence je pense que on apprend à être autonome, mais en général, pas spécialement en maths.**

Sans que quelque chose soit fait spécialement pour ça...

Voilà. **A part justement ne rien faire pour, il n'y a rien de fait...** Le problème que de ne rien faire du tout c'est que ça passe ou ça casse. Beaucoup s'adaptent au truc et beaucoup sont après... partent à la dérive... Donc est-ce que quelque chose de concret à été fait... laissez moi réfléchir...

On peut parler plus des maths si vous voulez ? En terme d'outils. de logiciels. etc.

En maths, je dois dire que pour les autres matières, par exemple, on nous donnait **beaucoup de références de livres de chercheurs, enfin beaucoup de références qu'on pouvait aller fouiller de notre côté, pousser plus loin ce qu'on voulait etc. En maths, à la fac, c'était vraiment de l'utilitaire.** Donc on nous donnait pas vraiment des moyens d'aller plus loin et ce n'était dans l'intérêt franchement de personne. Et franchement moi non plus, **j'aurais aimé, disons avoir plus d'outils, que ce côté utilitaire soit peut-être plus dense à la fac...** mais voilà je ne demandais pas...

A l'école d'ingénieurs, je vais réfléchir... Le cours de math de première année ne l'ayant pas fait, c'est difficile... mais pour les cours un peu plus **maths informatique** qu'il y avait, que ce soit un peu de **programmation** ou bien l'utilisation un peu de **tableur**... disons qu'on nous **donnait des problèmes à résoudre un peu... en informatique/mathématiques. Et c'était des exercices fait sur une longue période en groupe, et ça ça pousse plus clairement que de demander un exercice à chacun, vous avez une heure et après il donne la solution** et on la prend quoi... Du coup je pense que le travail de groupes en **mode un peu projet**, micro projet, des exercices qui durent sur plusieurs semaines, je pense que ça a aidé, moi de mon côté, ça me plaisait tellement que je faisais ça chez moi, donc j'avais pas besoin.. par **plaisir** à la limite... donc j'avais pas besoin trop de pousser, mais pour les autres, ça a plus aidé qu'un enseignement classique...

C'est une proposition que vous pourriez faire ?

Clairement, oui clairement... Et bien faire gaffe de **mettre un ou deux plus faible avec un plus fort...** c'est difficile à faire... Et puis ça peut être fait évidemment en parallèle avec des cours normaux.

PARTIE 4 - AUTOFORMATION

26'55"

Déjà, **internet**, en auto-formation déjà on peut retrouver toutes les choses qu'on a oubliées. **Toutes les bases**, dès qu'on a une base qu'on a oubliée, on cherche sur internet, on trouve, c'est formidable ! Alors en maths ou après en informatique encore plus. Après pour préciser le fait d'apprendre de nouvelles choses, comment je m'y prends ? pfff... bah, je ne vois pas tellement la question : je recherche sur internet, sur des **forums**, beaucoup. Moi je dis

toujours quand je parle à des gens souvent : "tu peux être sûr que si tu as un problème ou tu te poses une question, y'a au moins 100 autres personnes qui se sont posé la même !" et y'en a au moins 10% qui l'ont mis sur internet, donc c'est un peu comme ça que je l'utilise.

Plus que des échanges avec des collègues ?

Niveau mathématiques, chez mes collègues ou mes camarades de classe, je trouve peu de gens qui peuvent m'aider. Je ne dis pas ça pour dire que je suis mieux que les autres, mais vu que ce n'est pas leur priorité les maths... peu peuvent pousser plus loin que nécessaire l'apprentissage et **ça les intéressait peu**. L'informatique, quand on faisait un peu de programmation et qu'on utilisait l'informatique pour les maths, franchement, personne vraiment s'intéressait, sauf les 4 ou 5 élèves mais qui étaient en fait intéressés par l'informatique déjà avant, et qui du coup trouvaient ça formidable de pouvoir faire des maths avec l'informatique.

Il faut déjà avoir en amont le goût et la motivation...

Exactement

Et la différence avec la formation initiale vient de là ?

Non, la grosse différence, pour moi et **l'avantage de l'auto formation, c'est qu'elle vient à point** ! Vous voyez ? C'est-à-dire au moment où on en a besoin ! Quand on en a besoin, on va chercher l'information, alors que la **formation initiale** c'est un gros bagage, en bloc, on n'a pas toujours en tête l'utilité de chaque chose. En tout cas on n'en a souvent pas conscience au moment où on l'étudie. Et du coup, par essence, on est **moins motivés, moins intéressés**. Alors que l'auto formation c'est une **réponse immédiate à un besoin**. Et quelle **joie** quand on trouve la réponse ! En plus, il y a cette **satisfaction**...

J'ai donné pendant toute ma scolarité depuis le lycée après pendant toutes les études supérieures, j'ai donné des cours au niveau alors, tous les niveaux : primaire, collège, lycée, et franchement, **je ne me suis rendu compte que en donnant les cours, de combien c'était utile tout ce que j'avais fait avant !**

Des cours de maths ou d'autres choses ?

Globalement, les parents demandent surtout les maths... mais physique-chimie, pas mal aussi... Ça m'a énormément aidé car comme je vous l'ai dit au tout début, apprendre, ça fait retravailler les choses et ça permet de solidifier vraiment les **bases**. Et franchement, depuis que j'ai arrêté les études, j'ai aussi arrêté les cours et j'ai l'impression que je deviens de plus en plus con chaque mois qui passe ! Bon, c'est vrai j'apprends plus tous les jours dans mon domaine, mais bon quand on pense à la culture un peu générale sur toutes les matières qu'on avait pendant les études, ça fait peur. J'imagine que c'est comme ça que ça marche...

(Remerciements)

32'48"

Ça permet aussi d'apprendre des choses car **ce ne sont pas des questions qu'on se pose tous les jours et ça permet aussi de réfléchir sur soi-même...**

Si vous avez un point ou deux à approfondir, n'hésitez pas !

Bon courage pour la thèse ! Ce genre de travaux peut-il être utilisé par l'éducation nationale pour réorienter le... ? C'est un objectif bien louable et c'est aussi pour ça que j'ai accepté...

Guillaume

Jeudi 16 juin 2016 - 9h

PARTIE 1 - REGARD SUR LA FORMATION

01'40"

Je ne vais pas forcément me remettre en situation d'ingénieur... Je considère que c'est le même... j'ai pas fait forcément le même métier depuis mon diplôme, mais ça reste un **métier d'ingénieur** dans le sens où **il faut réfléchir à des concepts**, faut **les appliquer à des situations professionnelles**, qu'elles soient... dans un premier temps pour moi ça a été du logiciel, ensuite ça a été des aspects financiers, mais ça aurait pu être dans l'industrie je pense que ça aurait été pareil...

Dans les premières années après mon diplôme, j'ai finalement assez peu utilisé ce que j'ai vraiment appris en maths pendant ma formation. J'ai fait surtout du **développement**, du **code**... C'est plus **une manière de raisonner qui m'a servi plus** vraiment que des formules apprises, des démonstrations ou des concepts maths. C'est plus tard, dans mes jobs suivants, où là, les maths m'ont été utiles, alors **jamais des maths très très sophistiquées, ça en est souvent resté à des maths faisables sur Excel** si tu veux, mais voilà, c'est plus dans cette deuxième partie que finalement je suis revenu à ma formation de maths et que j'ai pu utiliser certains concepts que j'avais appris.

Et qu'est-ce qui dans cette formation en prépa ou cycle ingénieur, t'a paru en adéquation avec tes besoins ou alors pas du tout ?

Je trouve que la formation **prépa** elle est bien dans le sens où là aussi, ça prend un **manière de raisonner**, ce que... très concrètement, **90% de ce que j'ai appris en prépa ne m'a servi à rien**, mais en revanche, **c'est plus le procédé d'une démonstration mathématique**... avant la prépa ça je ne savais pas le faire. C'est en prépa que je l'ai appris, et c'est cette **manière de raisonner** qui m'a servie après. **Plus que les résultats eux-mêmes, que les concepts eux-mêmes.** C'est **poser les hypothèses, réfléchir à un angle d'attaque d'un problème, c'est aboutir à un résultat, valider les résultats par d'autres angles pour recouper l'information**...

Toute la démarche scientifique avec la rigueur mathématique derrière...

Ouais, c'est vraiment là c'est ça, c'est **la démarche et la rigueur que j'ai pu apprendre en prépa qui m'ont toujours servis et qui me servent toujours aujourd'hui.** Après, le contenu, j'ai trouvé intéressant parce que **j'aimais ça**, mais voilà aujourd'hui, plus de 10 ans plus tard il ne m'en reste finalement pas grand chose, **c'est de la culture générale presque.**

Ce que j'ai fait **en école d'ingé** ensuite, là ça avait vocation à être **plus concret**, c'était plus des **maths appliquées**, mais pour le coup, ce qui m'a un peu **déçu** dans cette partie-là de la formation, c'est que c'en est resté à du très théorique... alors **je ne sais pas si c'est lié au prof qui savait pas s'y prendre ou si c'est les matières qui étaient mal amenées,**

mais... c'était justement un moment de la formation où les maths devaient devenir concrètes, mais vraiment être des maths appliquées à des situations ou à des **besoins industriels ou professionnels, et ça en restait à du très théorique...**

Même pas des outils concrets ?

J'ai eu des cours notamment de **probas** et de **stats**, on en sortait avec **des formules à appliquer qui n'étaient pas comprises par 90% des élèves**. Alors oui, tu avais la formule écrite dans un bouquin, tu savais que si par chance tu retombais sur exactement le même problème dans ta vie future, bah tu pouvais appliquer la formule... mais **tu ne savais même pas reconnaître le problème qui se posait** en fait, **le contexte** dans lequel il fallait appliquer cette formule-là ! Alors ça, ça m'a un peu **déçu**, alors c'est pour ça que j'ai pas... j'en n'ai pas eu besoin tout de suite, finalement ça ne m'a pas coûté plus que ça, mais pour le coup, les probas et les stats j'y suis revenu plus tard quand j'ai fait mon actuariat, et là ça m'a plus servi.

Les cours ou la matière ?

La matière. Et là pour le coup, j'ai retrouvé, j'ai compris des choses que j'étais sensé avoir comprises 10 ans plus tôt, mais que j'avais passé complètement à côté. Et même, pour aller plus loin, dans la formation d'actuariat c'était des probas et des stats appliquées à l'assurance et la finance. Même là y'a des choses à côté desquelles je suis passées, et que je n'ai comprise que quand j'ai fait l'année dernière une formation qui s'appelle le CFA, c'est un truc en 3 ans, c'est du cours à distance, CFA c'est Chartered Financial Analyst [Analyste Financier Agréé], c'est de l'analyse financière, et t'a aussi tout un socle probas-stats que tu fais pour commencer. Et ce qui est **paradoxal**, alors **le CFA c'est entièrement à distance : tu télécharges un bouquin tu potasses le bouquin**. L'examen c'est un QCM, t'es **jamais en contact avec un prof**. Et j'ai compris des choses en lisant le bouquin du CFA que j'avais pas comprises en cours magistral pendant l'actuariat.

Ce que je reproche, **ce que les profs, soit en formation d'ingénieurs, soit en formation se maths appliquées devraient faire, c'est de rapprocher la matière d'exemples concrets**. Peut-être commencer par l'exemple concret avant d'aller dans la théorie, parce que trop souvent je trouve que le prof a peu de temps pour aller jusqu'au bout de son cours, déballe toutes les formules "Vous avez compris, c'est bon ? Vous avez des questions ? Non ? Bon, c'est bon, c'est assimilé, on se revoit à l'examen !"

On reparlera après de ta formation dont tu parlais à l'instant que tu as suivie, et d'autres éventuellement. On parlera à la fin de formation continue... Là on est plutôt sur la formation initiale... Est-ce que tu as souvenir d'un enseignant qui a fait quelque chose de particulièrement bien adapté ?

Dans la formation initiale, en prépa, j'ai un nom que tu connais aussi, c'est notre ami Le Moal... Il avait des qualités et des défauts, mais je trouve que c'était un **obsédé de la précision et ça ça m'a plu, ça m'a servi**. Et aussi dans la manière de faire, dans la **démarche scientifique, d'aller jusqu'au bout d'un problème et de ne pas lâcher tant qu'on n'a pas trouvé la solution**. En prépa, je pense à lui...

Après, mes profs de math en cursus ingénieur, je ne m'en souviens même pas. J'ai pas eu non plus enfin dans le cursus ingénieur, je n'ai pas eu beaucoup beaucoup de math... Je ne saurais pas te dire quel volume d'heures j'ai eu, mais sur les deux premières années, j'ai eu chaque année **un module de probas et un module de stats et les modules c'était 10-15 heures ou 15-20 heures...**

PARTIE 2 - PROPOSITIONS

12'05"

Je trouve que c'est, j'ai plutôt fait des formations généralistes... Évidemment dans une **formation généraliste**, c'est difficile de toucher toutes les voies professionnelles possibles vers lesquelles les élèves peuvent aller. Essayer de former, sauf à être dans une filière vraiment... où tu fais des maths pour l'automatique des moteurs électriques par exemple, OK tu peux apprendre les maths vraiment, aller précisément dans le sujet et développer des concepts, des formules après qui vont être utilisables dans l'industrie. Sinon, si t'es dans une filière relativement généraliste, je pense que **ce qui est important c'est plus de donner le goût de la matière** et la compréhension générale de à quoi ça sert, **dans quel contexte ça peut servir**; reconnaître les contextes dans lesquels appliquer telle ou telle formule. Après, **quand t'as compris à quoi sert une matière et comment la manipuler, t'es toujours capable de retrouver derrière : t'ouvres un bouquin, tu vas sur google, tu retrouves la formules tu l'appliques**. Mais ce qui est compliqué c'est de savoir **quand** appliquer quelle formule. Tout bêtement, commencer par expliquer à quoi sert la matière, et encore une fois dans quel cas de figure l'utiliser et comment l'utiliser. Et peut-être pour commencer pour donner le **goût**, je pense que ce qui manque souvent c'est donner le **goût** de la matière, là c'est partir d'**exemple concret, à titre illustratif**. Partir de situations **concrètes** pour **illustrer un concept**, partir de l'**exemple concret** et petit à petit **greffer de la théorie autour du concret**. Après ça tient peut-être à mon mode de fonctionnement, mais moi je trouve que si on donne la théorie et qu'ensuite on essaie de raccrocher la théorie à du concret, on a déjà perdu les élèves. Si on fait l'inverse, c'est peut-être plus facile de capter l'attention. Et après, tout simplement **il faut que ça raconte une histoire**, il faut expliquer **peut-être l'histoire du mec, du théoricien qui est derrière la formule**; qu'est-ce qu'il a cherché à résoudre ? pourquoi, qu'est-ce qu'il a trouvé comme solution ? comment il a trouvé cette formule là ? C'est **donner du corps à la matière, intéresser, capter l'attention**, et après une fois qu'on a capté l'attention, je trouve que c'est plus facile d'aller dans des problèmes plus complexes, de rajouter de la théorie et d'y aller **graduellement**.

Et quelque soit le contenu ?

Oui, mais une fois, enfin je pense en tout cas, une fois que tu as réussi à faire comprendre aux élèves que voilà qu'ils ont **acquis des bases, il savent dans quelle situation professionnelle utiliser le concept et vers quelle source, quelle référence académique se tourner pour aller chercher la bonne info**, c'est plus ça qui est important **plutôt que d'avoir appris par coeur des trucs dont la moitié ne va pas servir**. Et au final on ne sait même pas ce qui va servir et ce qui ne va pas servir...

Et puis, je reviens sur la question du **raisonnement** et de la **démarche scientifique** : je trouve vraiment que **c'est important de passer du temps sur les hypothèses...** passer du

temps sur les hypothèses et faire en sorte que les gens puissent avoir... enfin **développer de sens intuitif des élèves**. J'ai vu autour de moi des gens qui... enfin ça a pu m'arriver aussi, qui appliquaient un raisonnement, une formule, un truc, aboutissaient à résultat et "**voilà, j'ai appliqué la formule, c'est le résultat que ça me donne !**". Tu poses la question "mais est-ce que ton résultat il est **cohérent** avec une autre information fiable avec laquelle tu puisses le comparer ?" Et là tu vois que les gens ils te sortent un chiffre, par exemple **sur des dimensions financières, sortir un résultat en milliards d'euros alors que le résultat il devrait être en millier d'euros !** Et ils ne se sont même pas posé la question "est-ce que le résultat doit être positif, négatif ?..." Ça, même plus tard, bien plus tard après la formation, y a un **sens intuitif** qui n'est pas là quoi... **Et pour moi c'est la première chose**. Alors en contexte professionnel, tu le sais aussi bien que moi, **tu dois faire 80% du travail en 20% du temps**, enfin tu dois aller vite... pour aller vite, **il faut être capable de faire un calcul de coin de table, même de tête, qui soit une bonne approximation dans un premier temps**. Après tu te laisses le temps préciser vraiment, de dérouler le calcul précis, mais il faut pas que ta première estimation elle soit à l'opposé de ce que tu cherches à évaluer. Et pour y arriver il faut avoir un **sens intuitif et savoir quelles sont les hypothèses**, quelles sont **les bonnes hypothèses à appliquer**. Trop souvent les hypothèses... enfin je me rappelle de cours où on dit "ben voilà, aujourd'hui on va **expliquer tel concept**, alors les hypothèses c'est numéro 1, c'est ça, numéro 2, c'est ça, numéro 3, numéro 4, numéro 5... Dans tel contexte, voilà : la formule !" **Et les 5 hypothèses on n'a pas compris ce que c'était !**

Et après sur la méthode en elle-même. la méthode d'enseignement. t'as des choses que tu as vu depuis qui t'ont fait tilt ? Ou c'est plus le fond que la forme qui est important ?

Pour être honnête, j'ai été **surpris que je comprenne des choses en lisant un cours écrit. Des choses que j'avais pas comprises dans un cours magistrale**. Voilà, après ça tient aussi peut-être un peu à moi. Le cours ce serait peut-être intéressant que je t'envoie... c'est protégé, donc je ne peux pas t'envoyer un pdf, mais je peux te faire des captures, si ça t'intéresse pour voir comment c'est écrit. C'est **très détaillé, il y a des dizaine et des dizaines de pages pour expliquer vraiment des exemples**... c'est très **graduel**, donc t'es vraiment **accompagné** dans la **compréhension d'un concept**.

PARTIE 3 - AUTONOMIE

21'34"

Ouais, évidemment, c'est important de la développer l'autonomie parce que plus tard dans la vie t'as pas ton prof sous la main pour t'aider à réfléchir... mais **il ne faut pas la donner trop tôt** non plus sinon, c'est contre-productif. Si tu laisses **les gens tourner en rond, mouliner sur des problèmes** de manière autonome, mais si ils n'ont pas les **bons guides** pour y arriver... souvent ce qui peut manquer c'est une **étincelle**, un **déclit** qui va te permettre de comprendre tout un concept, que **t'arrivais pas à rentrer dans le concept**... ça peut être un **mot** ça peut être une **idée** qui t'aide à comprendre le sujet. Si t'as pas quelqu'un pour te la donner, tu peux tout simplement... la matière peut te paraître du coup très abstraite et tu peux... je trouve que **tu peux décrocher** les gens en disant "voilà, je

vous laisse l'autonomie mais je ne vous donne pas les clefs pour y arriver !" Ça peut me paraître contre-productif de le faire trop tôt.

Et est-ce que toi tu as eu des moments dans l'enseignement... ?

En prépa, je suis d'accord **on n'était pas autonome**, mais à la limite je dirais tant mieux parce que... pour moi on n'était pas autonome parce qu'on avait **des cours très très détaillés**. En tout cas sur le contenu on n'était pas autonome, ni sur l'organisation du travail parce que **c'était tellement cadencé** que tu n'avais pas non plus le loisir d'organiser ton temps comme tu voulais...

Et en cycle ingénieur, est-ce que tu as ressenti la contre productivité dont tu parlais tout de suite ?

Non, je ne l'ai pas ressentie. J'aurais pu le ressentir si justement en prépa on n'avait pas été bien accompagnés. Bien accompagné pour moi, c'était important de l'être à ce moment là pour assimiler les choses et voilà... après **en cycle ingé** oui, on était autonomes tant dans le... enfin **on était autonomes dans l'organisation du travail parce qu'on pouvait très bien assister ou pas assister aux cours**. Le seul truc qui était important c'était d'être là le jour de l'examen, pour pointer et remplir son truc... mais bon... l'autonomie pour l'autonomie, **à ce stade-là, je trouve que c'est pas forcément indispensable**. Pour moi c'est plus l'autonomie dans l'organisation du travail oui c'est bien de la donner, **mais c'est plus l'autonomie dans... j'y reviens toujours, dans la manière de réfléchir...**

Tu as raison, il faut l'entendre de deux manières...

Pour moi **l'autonomie qui est importante** c'est pas tellement celle de savoir si on doit travailler le jour ou la nuit, ou à 10h ou à midi, **c'est quand t'es seul dans une situation complexe et de savoir par quoi commencer. Et d'avoir appris une manière de faire où tu sais par où commencer, tu sais par où attaquer le problème, tu sais comment poser tes hypothèses**. Tu sais quelle brique poser pour petit à petit construire ton raisonnement et arriver jusqu'au bout. Et ça, ça peut passer par **un accompagnement poussé sur les phases de démarrage**. Une fois que tu vois que les gens ont compris comment démarrer un problème relativement général, alors après oui, tu peux les laisser réfléchir et chercher par eux-mêmes la solution... une solution innovante, pourquoi pas, qui est peut-être différente de celle du prof. Mais c'est important de savoir par où commencer.

Donc toi tu penses que l'autonomie sera mieux développée s'il y a un fort accompagnement au départ ?

Une fois que tu sais, que tu as appris par coeur les bases, après ça te donne vraiment les moyens de développer tes propres solutions. Encore une fois pourquoi pas des **solutions originales** ?... Ça peut même être bien parce qu'on va aussi, dans la vie professionnelle, chercher un peu de **créativité** ! On n'en donne pas toujours les moyens, mais on va encourager la créativité, c'est-à-dire trouver des **solutions innovantes**, pas

chères, pour faire les choses **vite et bien. Mais les bases sont toujours les mêmes. Il faut avoir appris les bases avant de pouvoir innover sur la suite.**

PARTIE 4 - AUTOFORMATION

29'18"

Trois choses que j'ai faites en formation continue. La première c'était... la formation initiale ne m'avait pas préparé au job que j'ai pris en direction financière, en 2006. Là, j'ai lu pas mal de bouquins sur... pas vraiment sur des maths, c'était des bouquins sur le thème de la **gestion actif-passif**, la matière "gestion actif-passif" en banque. C'est une matière qui s'appuie sur beaucoup beaucoup de maths... Parce que derrière c'est de la **modélisation maths**... Derrière ça, c'est **encore des probas et des stats**. J'ai avalé pas mal de **bouquins** à ce moment-là.

Comment tu t'en servais ?

Je les lisais... j'essayais de **lire de bout en bout le bouquin pour vraiment avoir la vue globale sur la matière**. J'ai dû le faire avec 2 ou 3 bouquins... C'est une matière qui est assez peu décrite dans la littérature. Y'a quelques **références** qu'il faut avoir lues et puis voilà. Y'avait ça...

Ensuite, j'ai fait de l'actuariat où là, le format c'était le **cours magistral**, plus **un mémoire** à écrire au bout de 2 ans. Donc il y avait 2 ans de cours, alors c'était 2 jours et demi par mois. Sur les cours c'était à peu près... je dirais qu'il y a peut-être eu 25% de maths vraiment maths et le reste, c'était des applications. Soit, pour l'assurance ou pour la finance, des 25% de maths. C'était quand-même une formation très très scientifique ! Donnée par, pour la majorité, des professionnels soit de l'assurance, soit de la finance. **Des professionnels en fonction**. Et là, déjà c'est une formation où j'ai eu le sentiment que les choses étaient **beaucoup plus concrètes**. Et là, la plupart du temps, les profs prenaient le temps d'expliquer dans quelle circonstance les **concepts** qu'ils décrivaient pouvaient **s'appliquer**.

C'était un dispositif en présence, classique...

Oui, avec un exam par module et donc pour valider la formation, un mémoire. Un mémoire avec un volume d'heures... alors je ne sais pas combien de temps moi j'ai passé, mais le volume d'heures de référence qui était donnée c'était de l'ordre de 300 heures pour boucler le mémoire. Moi, j'ai commencé à l'écrire en... j'ai mis 1 an et demi, pas en continue, mais... et là, pour le coup, autant pour la validation des cours, la validation de modules, c'était du classique, c'est-à-dire que l'examen était assez balisé, y'avait des annales qui circulaient. Donc si tu reprenais bien le cours dans sa chronologie, que tu voyais à peu près ce qui comptait pour le prof dans son examen, parce que **c'était le prof qui faisait son propre examen**, tu faisais les **2 ou 3 exams des années passées**, ça allait. C'était un peu du **bachotage**, c'était assez **classique**. Autant sur le **mémoire**... là, pour le coup, il y avait beaucoup plus **d'autonomie**. déjà dans le **choix du sujet**, dans la manière d'appréhender les choses. On était guidés par **un référent**, un prof qui **t'accompagnait** dans la réalisation du mémoire à toutes les étapes.

Tu étais seul ou en binôme ?

On pouvait le faire en binôme, moi je l'ai fait seul. C'était un sujet qui était... alors c'était pas obligatoire, mais c'était mieux si c'était en rapport avec ta formation. C'était mieux parce que tu, c'était de la formation continue donc ça allait de prendre du temps sur tes journées, et si tu pouvais utiliser un petit peu tes journées de travail pour avancer sur ton mémoire, pour combiner ta fonction de tous les jours avec l'écriture de ton mémoire, ça pouvait être pas mal ! L'autre avantage, c'est que le mémoire pour le mémoire c'est bien, mais il fallait quand même qu'il y ait une forme d'application industrielle de ce que tu écrivais, donc c'était bien si à la fin du mémoire tu pouvais dire "voilà j'obtiens des résultats qui sont valides, industriellement, qui sont utilisables industriellement, ou pas d'ailleurs, et dans ce cas-là j'explique pourquoi. Mais c'était pas un mémoire de recherche, mais vraiment plus un mémoire sur un sujet qui a vocation à être appliqué. Et donc, voilà, pour faire ça on était accompagné par un référent, qui était là pour te guider quand t'avais besoin, dès le choix du sujet et ensuite dans les étapes de la réalisation. Il était là à la fin pour relire, pour t'aider à corriger ce qui n'allait pas, et voilà.

Ce qui a été un petit peu curieux pour moi, c'est que celui qui est devenu le référent pour les mémoires... pendant l'année et demi où j'ai fait le mien, le référent a changé, et celui qui est devenu référent dans la deuxième partie, c'était un élève de la formation ! En fait, c'était un élève de la formation qui était déjà actuaire en pratique, mais il n'avait juste pas validé... donc il a fait la formation pour avoir le titre, et en fait pendant la formation, il est devenu, c'est bizarre, il est devenu directeur des études... de la formation. C'est lui qui est devenu mon référent quelques mois plus tard... Donc le mec il était bon, mais il n'avait pas non plus une expérience de dingue...

Et niveau confiance. pour toi c'était peut-être pas la même chose qu'avec le premier...

C'est ça. Et puis, bon, moi je l'avais connu comme un camarade de promo et du jour au lendemain, on te dit "ben voilà, c'est lui qui va relire ton mémoire ! Bon, OK !". Bref, c'est pas grave, mais voilà, ça c'était la deuxième étape de formation continue pour moi...

Et la dernière, c'est donc le CFA, qui est un... alors le CFA c'est un organisme privé américain qui délivre une certification d'analyste financier, et qui le fait quand les gens ont passé trois exams : en général, tu le fais sur 2 ou 3 ans, c'est-à-dire que chaque année ou tous les 6 mois, y'a des sessions d'exams qui sont organisés. Les exams, alors pour les 2 premières années, c'est des QCM, des **très très longs QCM**... je crois que tu as 6 heures, t'as 2 fois 3 heures ou 2 fois 4 heures de QCM. Et pour passer l'exam, la méthode c'est de potasser **des milliers de pages de bouquins qu'ils te mettent à disposition**...

Ceux dont tu m'as parlé toute-à-l'heure...

Ouais. Et là, tu es plus ou moins **seul** dans ta formation pendant ton apprentissage. Tu as des... y'a pas mal de **ressources en ligne**. C'est un réel business, hein ! Le CFA déjà la formation est payante, mais tu as beaucoup de sites web qui te proposent des ressources payantes pour t'aider à apprendre. T'as aussi des **forums**, t'as **des groupes LinkedIn**, t'as des gens qui se mettent entre eux, qui se groupent... Mais alors c'est marrant, parce que

c'est mondial donc t'as des... alors y'a beaucoup beaucoup... c'est une formation qui est assez prisée en Asie et en Inde, donc y'a beaucoup de... tu peux discuter avec des indiens sur telle formule. Le mec il n'a pas compris "Est-ce que tu peux m'aider ? Quelle formule tu utiliserais dans tel machin ?" C'est vraiment **la formation digitale par essence** ! Et y'a **aucun prof**, y'a pas de prof. T'as pas accès à un prof...

C'est bien parce que t'as vraiment tout vu en formation ! Et toi si tu devais comparer avec ta formation initiale ?

Je dirais que, encore une fois, dans la formation du CFA, je ne m'y attendais pas, hein, mais j'ai compris des choses que même en actuariat j'avais pas compris. Je ne sais pas... je pense que c'est juste parce que le CFA, comme c'est tu lis un bouquin, **tu prends vraiment le temps de... et le bouquin est vraiment bien bien écrit : c'est très dense, très complet** ! J'ai pris le temps de voilà, de développer des raisonnements qui étaient peut-être passés un peu vite pendant l'actuariat. Et je trouve que **ce qui est bien dans le bouquin, ils te disent ce qui est important et ce qui l'est moins**. Il te disent sur quoi passer du temps et sur quoi tu peux passer un peu plus vite, parce que, soit c'est beaucoup trop complexe et inatteignable à ton niveau, donc c'est même pas la peine : **"Prends-le comme un acquis ! Si un jour tu veux, tu pourras y passer du temps, mais à ce stade, prends-le comme un acquis !"** Donc ils te disent ce sur quoi il est important de passer du temps et ce sur quoi il l'est moins...

Et ça aussi, dans la formation magistrale, enfin **les formations magistrales que j'ai eues, c'était pas toujours le cas**. C'est-à-dire qu'on ne te dit pas toujours ce qui est important et ce qui l'est moins. Ça fait partie de l'accompagnement, du guide qu'on doit te donner : par où attaquer un problème et quels sont les points importants, quels sont les points sur lesquels tu peux prendre des raccourcis qui sont pas éthiques.

Je pense pour autant que les deux sont... **la formation purement à distance sans avoir eu au préalable, sans avoir de bases au préalable, je ne crois pas que ce soit une bonne idée**.

Toi, c'est aussi parce que c'était en complément...

Le CFA c'est une formation que tu peux très bien suivre pendant ton cursus universitaire. C'est ouvert à tous, c'est pas ouvert qu'aux professionnels. D'ailleurs, y'a pas mal d'étudiants qui le passent pour trouver un job. C'est une certification qui est reconnue dans pas mal de métiers financiers, notamment aux US ou en Asie. Y'a beaucoup d'étudiants qui le passent. Honnêtement, je ne sais pas si... ça m'a été très utile. Je ne sais pas si j'aurais pu le passer aussi bien 10 ans plus tôt ou pas, je ne sais pas. Mais voilà, je pense que **même si je suis très content de cette formation là, je pense qu'elle vient bien en complément mais qu'elle ne peut pas se substituer à un cours avec un contact humain et quelqu'un qui va te donner le goût à la matière avant tout le reste. Sauf si dans tes jeunes années t'as lu des bouquins historiques sur les mathématiciens, et voilà, t'aime ça parce que, voilà... mais c'est pas la majorité d'entre nous**.

(Remerciements)

43'10"

Alice

Mardi 28 juin 2016 - 11h

PARTIE 1 - REGARD SUR LA FORMATION

00'35"

Pour l'instant, je suis donc ingénieure, donc je suis en Allemagne. Ingénieure dans le développement des rétroviseurs, dans **l'automobile**, donc. Et avant, j'ai fait une **thèse** aussi, dans le domaine des **matériaux**. Et **après j'ai utilisé les mathématiques**. J'ai fait une thèse donc en entreprise, c'était un peu en **alternance** si on peut dire, **entreprise-université et j'ai utilisé les mathématiques dans mes deux parties**. Pendant ma thèse, j'ai utilisé les mathématiques de façon où j'avais affaire à de l'électricité etc. donc il y avait pas mal **d'équations** et donc là il fallait quand-même une **base en mathématiques** parce que je ne suis pas électricienne de formation, mais **de part la prépa, les connaissances globales en mathématiques, intégrales** machin, bah voilà, ça marchait ! Et sinon, j'ai modélisé le vieillissement de plusieurs matériaux de façon mathématique...

Dans votre formation initiale, en prépa et cycle ingénieur, il y des choses qui vous ont paru bien adaptées, et pourquoi ? Et à l'inverse, mal adaptées.

Je dirais, c'est la partie des maths que l'**on applique en physique**, donc oui, les fonctions, intégrales, je ne sais plus comment ça s'appelle...

Les fonctions de plusieurs variables ou des choses comme ça ?

Oui, c'est ça ! Ce genre de choses, ça c'est bien adapté. Ce que je n'ai absolument jamais utilisé, c'est donc les ensembles, et qu'est-ce qu'on a vu en prépa aussi là ? La **formation très théorique, les ensembles** là...

Les groupes, les anneaux etc. ?

Oui, c'est ça oui. Ça j'ai effectivement **jamais utilisé**. Ce qui était par contre encore un peu utile bien que très théorique c'est... on avait les théorèmes d'hypothèse, là... comment c'était là... pour montrer qu'une propriété existe ? ... on montrait qu'elle n'existe pas, enfin que l'inverse ne pouvait pas exister...

La contraposée ?

Oui, c'est ça ! Et ça en fait ça aide pour la logique.

Donc une formation que vous estimée bien faite ?

La formation en elle-même était bien faite, oui, mais c'était enfin, **ça m'a aidé pour la logique. Comment aborder un problème ? D'avoir une certaine logique...**

Par contre ce que n'était pas adapté du tout en **enseignement en école d'ingénieurs**, on avait pareil les fonctions variables... oui bah on a repris en fait la prépa et l'enseignement **n'était pas bon, de façon pédagogique...**

En quel sens ?

Cours magistraux sans aucune... où **le prof fait son truc**, il tourne le dos à ces élèves pendant 1heure et demi... Voilà ! Donc bon, c'était pas ce qu'il y avait de mieux. On avait aussi quelques TD, mais c'est pareil, il prenait en compte aucun retour et on avait en école d'ingénieur **pas mal de personnes qui venaient d'autres formations, donc pas de prépa. Et ils avaient besoin de plus de soutien**, donc en fait... bon la plupart on l'avait déjà vu, mais bon quand-même **ça manquait vraiment d'interaction...**

Et là on avait vu pareil en école des trucs que j'ai jamais vus non plus. Alors j'ai pas trouvé mes cours, je pensais que j'en trouverais plus que ça ou je ne sais pas... bon **les transformées de Fourier, Laplace... Oui alors ça...**

Ça vous vous en servez dans votre métier ?

Transformée de Fourier, ouais, on entend le mot de temps en temps mais ça s'arrête là !

Vous avez des documents, des traces de ces cours ?

Oui j'ai des TD que j'ai retrouvé. Les cours je pensais que je les avais, mais je n'ai pas été capable de les trouver... A mon avis, ils sont quelque part....

Si on pouvait échanger ce contenu...

Oui, mais là je suis actuellement en vacances...

Mais les TD, vous les avez devant vous ?

Les mauvais TD, oui, parce que **les bons cours en fait, vu que je les utilise encore de temps en temps**, c'est des cours en statistiques, ça j'en ai utilisé beaucoup dans mon travail... Là je les ai chez moi, mais je m'en rappelle bien car je les regarde souvent...

Comment vous distinguez les bons et les mauvais ?

Les mauvais c'est pas dur : ils ne me servent jamais ! C'est ce qui ne me sert jamais... et ce qui est aussi... pourtant ça pourrait servir, hein... y'a les fonctions variables, mais c'est pas le cours... comme je vous ai dit, il n'y avait aucune interaction, le prof faisait son truc dans son coin, nous on a... je vois que dans mes notes j'ai recopié des trucs mais c'est... ouais, je ne m'en sers absolument jamais ! Y'a des théories de je ne sais quoi...

Mais vous avez par contre des bons cours de statistiques ?

Oui, surtout **cours de statistiques, ça c'était ce qui m'a le plus apporté en école d'ingénieurs en automatique !**

Ça ça m'intéresse particulièrement. si vous aviez un moment pour me les transmettre...

Oui. Ça je peux vous dire un peu comment c'était fait, le cours, en fait... C'était, donc moi j'ai fait une formation de matériaux de chimie, et là les cours on est donc sur les... on a fait une **première partie statistiques [périodiques] avec les boules de différentes couleurs dans le sac...** bon ça c'était **moyennement intéressant**, parce que **y'a personne qui se sert de ça !** Et malheureusement, ça se fait souvent parce que maintenant j'ai des étudiants, bon ils sont allemands mais c'est pas grave, d'ailleurs ce qu'ils apprennent en **statistiques**, et en fait du coup c'est pas du tout des choses qui servent... **c'est bien d'avoir une base**, mais **ce qui me sert vraiment moi c'est des plans d'expérience** qu'on a vus, les différentes façons de modéliser, avec les statistiques...

Et dans notre cours de plan d'expérience, on avait des **exemples concrets**, par exemple sur la production d'un polymère, on va dire... avec différents paramètres : température, agitation, des choses comme ça et donc là on a fait de plans d'expérience, on a fait des calculs comme ça, **statistiques**, pour voir quel paramètre a une influence la plus importante...

Donc là j'avais une idée **concrète** de qu'est-ce qu'on peut faire avec ça, et c'est ce que je me suis servi pendant ma thèse à un moment donné j'y suis venu, **sur les statistiques j'ai dû en apprendre un petit peu plus** aussi parce que... **on ne peut pas tout voir en école d'ingénieurs avec les heures attribuées...**

Et donc je me suis servi de la **base de l'école d'ingénieur** sur les statistiques, la modélisation avec les plans d'expériences etc.

Quand vous dites plan d'expérience. ça veut dire que vous essayez de prévoir...

oui on de modéliser pour connaître une tendance...

Et c'est vraiment des statistiques ou plus des probabilités ?

Euh... C'est un peu des deux en fait...

En statistiques, il y a les statistiques descriptives et aussi les tests que vous connaissez sans doute (Fischer, Student, etc.) et en probabilités, il y a les fonctions de répartition, les calculs d'espérance sur une variable aléatoire...

Ça j'en utilise un petit peu parce que quand on a un modèle qui peut être bien placé, on essaye de voir, de **modéliser** donc, un pronostic : "tiens, si on a ça et ça, qu'est-ce qui pourrait arriver et avec quel pourcentage de probabilité ?"

Est-ce que vous auriez le nom d'un enseignant qui vous a marqué que je pourrais éventuellement contacter ?

J'ai la personne qui avait fait les cours sur les plans d'expérience et la façon de modéliser comme ça, comme je vous ai dit... Ça je m'en rappelle mais c'était une personne externe, donc ça doit être écrit quelque part sur le cours ! Mais sinon... en bon cours... sinon, c'est vraiment la formation de prépa...

En quel sens ? Et en plus du contenu, dans la manière de faire ?

Non, j'ai pas d'exemple vraiment bon prof je dirais... C'était plus le contenu...

PARTIE 2 - PROPOSITIONS

13'10"

Alors... je ferais donc un petit peu de cours, c'est-à-dire la partie statistiques, plan d'expérience, regroupements par cluster... ça je l'enseignerais... Après comment ?

OK, ces 3 choses-là...

Oui, mais pas que... **Régression** aussi ! Ça c'est ce que j'utilise... **plan d'expérience ça marche en théorie, mais en pratique, y'a des limites ! En fait c'est ça que je montrerais avec des exemples concrets...**

Et comment partiriez vous ? Du concret vers la théorie ? Ou d'abord un peu de théorie ?

Je crois que j'illustrerais ça sur la base d'un **problème concret**... et après, ce qui fait qu'on montre quelle **méthode** on peut utiliser, voilà pour... on ferait un plan d'expérience et après on calculerait donc les calculs qui se font, mais c'est vrai que pour ce genre de truc, c'est quand-même pas mal d'avoir une **première base avec les boules de toutes les couleurs** là.

Vous pensez quand-même que c'est important d'avoir ça en tête avant de commencer ?

ah... oui oui, parce qu'en fait, enfin je ne me rappelle plus trop si on en avait fait par exemple en prépa ou pas. Mais **ça donne une petite sensibilité à ce qu'est-ce que c'est qu'une probabilité**, qu'est-ce que c'est vraiment une statistique... les valeurs moyennes, etc. **Faut quand-même avoir une base**... Pas une grosse base, mais quand-même, avant de commencer ça.

Et après vous partiriez sur un problème concret que vous essayeriez de développer...

Voilà. Et de faire faire les calculs dans le cadre du cours....

[Mail reçu après l'entretien :

Après notre conversation, plusieurs choses me sont revenues en tête (peut-être pas clairement expliquées) :

- Si je devais donner des cours, je ferais juste une partie minimale concernant les **bases de statistiques et probabilités** (ou intégrés à un autre cours de mathématiques générales), pour vraiment m'attaquer à la partie utile (dans mon travail). La plupart des étudiants que j'encadre (français ou allemand de formation ingénieur – souvent 2e année) ne connaissent des statistiques que le tirage des boules de couleurs dans un sac et en sont pour la plupart **dégoûtés**. Ils ne voient pas du tout en quoi cela peut les aider dans leur futur travail d'ingénieur.
- Je voulais rajouter aussi une remarque qui pourrait vous intéresser concernant la formation française en mathématiques par rapport à la formation allemande. **Bien qu'ingénieur matériaux j'ai une bonne connaissance en physiques/mathématiques me permettant de comprendre ou de rentrer facilement dans des thématiques demandant plus de connaissances en mathématiques. Les ingénieurs (ou étudiants) allemands sont souvent étonnés et ont plus de mal quand il faut calculer ou modéliser quelque chose. Ils doivent beaucoup plus chercher et apprendre par eux-mêmes. Dans mon travail j'"hélite" donc souvent des projets demandant ces connaissances. La formation allemande est plus spécialisée et a beaucoup moins de mathématiques que la nôtre.]**

PARTIE 3 - AUTONOMIE

16'29"

L'autonomie, oui, c'est pareil... j'ai un peu de mal à voir ce que vous voulez dire parce que l'autonomie... comment on se débrouille pour faire son travail ? Donc ça là je vais dire oui... je considère de manière suffisante : chaque prof donnait son truc à faire et on se **débrouillait** comme on pouvait pour...

A quel moment faites-vous référence ?

Je pense à l'**école d'ingénieurs**, là.

Et la partie prépa ?

Là, je dirais c'est pareil... parce qu'en fait il y avait **tellement de travail qu'il fallait bien se débrouiller** pour tout caser à un moment ou à un autre !

Organiser son travail personnel ?

Oui, et **organiser son temps de pause, aussi**, je me rappelle !

Donc oui, ça a toujours été présent, je trouve que c'était totalement OK. Après la question de l'autonomie c'est le reste ? C'est ça que j'ai un peu de mal à voir parce que... quand vous dites l'autonomie en mathématiques...

Ce que je veux dire c'est : Est-ce que vous vous sentez autonomes- dans l'utilisation des outils mathématiques que vous avez l'habitude d'utiliser ? Et comment vous pensez avoir développé cette autonomie pendant vos études ?

Donc, oui ! **Je suis autonome dans ce que je fais là en mathématiques !** Et comment j'en suis arrivé à ce point-là ? Je me suis servi de la **base de l'école d'ingénieurs**, donc de ce cours là, dont j'ai parlé. Bon c'était pas suffisant pour m'en sortir, et donc je me suis servi de cette base et après donc **recherche bibliographique avec d'autres doctorants qui font des statistiques, genre en psychologie par exemple**. Où donc là ils m'ont donné des **livres** et donc là **je me suis formée moi-même**. Et c'est des collègues qui m'ont dit "tiens on utilise tel **outil logiciel**, et voilà !"

Lesquels par exemple ?

Minitab. Et voilà. Donc après...

Cette autonomie, vous l'avez développée à la fin de votre cycle ingénieur, vous vous êtes sentie le besoin d'aller plus loin sur certaines choses ? Mais dans la partie cycle ingénieur, avez-vous été confrontée à des problèmes d'autonomie ou pas du tout ?

Non, c'est-à-dire en fait j'ai réussi une fois dans un stage, on m'a demandé de modéliser la chaleur dans une pièce plastique. C'était le stage première année, le patron il m'a dit "vous vous avez fait prépa, vous allez essayer de faire ça !" Là j'avais à modéliser la température dans une pièce. Donc ben à j'ai utilisé, comment on appelle ça, oui les fonctions, avec un gradient de température en gros. Et... ben là donc j'étais toute seule avec ce problème : comment je peux le modéliser la pièce, en plus elle était conique, alors c'est pas facile ! Du coup, j'ai fait une pièce cylindrique parce que c'était plus facile de connaître les valeurs... Et oui, une fonction banale, quoi en fait je dirais... qu'est-ce je peux mettre au point pour voir la température, qu'est-ce qu'on a à l'intérieur de la pièce, qu'est-ce qu'on a à l'extérieur... **l'outil gradient de température...**

Et ça, je m'en étais sortie toute seule : c'était suffisant la base que j'avais en maths.

Vous avez vérifié votre modélisation d'une manière ou d'une autre ?

Oui, on avait la mesure des pièces : elles ont été découpées, mesurées à l'intérieur avec des capteurs...

Et votre modèle répondait à la réalité ?

Bahhhh oui, dans ce que je pouvais vérifier... C'était un modèle simplifié...

Donc pour vous l'autonomie n'est pas un problème ? Vous avez appris à vous débrouiller avec les outils qu'on vous a donnés ?

Exactement. C'était en **stage ou en projets**, qu'on faisait en parallèle de l'école dans les instituts de l'école.

Et la question autonomie au niveau du travail, c'est pareil ?

Oui... mais je pense à un truc en fait... **ça dépend sûrement beaucoup des élèves** parce que y'a ceux où on donne un problème et bon, ils se débrouillent, ils trouvent, et il y a ceux qui attendent que les autres... Moi j'étais plutôt dans la première...

PARTIE 4 - AUTOFORMATION

24'05"

D'abord ma thèse, pour me servir de mes statiques que j'utilise maintenant : **régression**, cluster etc. il a fallu que j'apprenne moi-même, que j'approfondisse moi-même...

A partir de quelles ressources ?

Livres. Des livres, je ne sais plus c'était en allemand en plus... Et donc avec le **logiciel** aussi que j'ai dû apprendre à utiliser par moi-même.

Et dans votre métier est-ce qu'il vous arrive d'apprendre des choses nouvelles par vous-mêmes ?

En mathématiques, euh... non... euh... dernièrement j'ai fait un petit peu d'optique mais c'était plus de la physique : j'ai dû ressortir quelques lois physiques qui nécessitent un peu de calculs... Généralement, je savais déjà à l'époque, c'est plus du rafraîchissement que de l'auto formation.

Et vous allez sur internet dans ces cas-là ?

J'aime mieux travailler **avec mes cours** en fait ! Je suis quelqu'un de très visuel, donc je vois bien comment c'est fait donc si je retrouve pas tout de suite, je regarde sur internet... Voilà.

Et qu'est-ce qui fait la différence alors selon vous entre ce que vous avez appris en cours et ce que vous apprenez par vous-même ?

En fait, quand j'essaie, c'est beaucoup plus... ouais y'a beaucoup plus de passage de **tests. Parce qu'il faut regarder si ça marche**, parce que j'ai pensé donc que telle loi mathématique, on va dire "allez, j'essaie tel modèle !", et là je vois si ça marche pas. Et si ça marche pas après, est-ce que j'ai fait une mauvaise analyse ? Ou alors est-ce que cette analyse ne convient pas à ce problème ? **Ça prend beaucoup plus de temps !**

Le fait de ne pas être guidé, il y a une perte de temps... mais est-ce qu'on pourrait adapter cela à la formation initiale ?

Les projets, c'est ce qu'il y a de plus favorable à l'autonomie. Mais en projet, on est plus **guidés quand-même**... Là j'étais complètement seule, il fallait que je trouve mon problème, les solutions, le modèle et "allez !". Par contre, pour répondre à votre question de si on pouvait l'intégrer, je dirais oui, mais il faut que ce soit encadré. Je veux dire pendant les TP

on pouvait ça, dire pendant un TP, on laisse un petit peu mariner, on cherche à droite à gauche... Ça peut être sur plusieurs TP, par exemple sur 3 semaines, 3 heures... mais c'est tout en fait parce que sinon, c'est trop de perte de temps, et en plus je ne suis pas vraiment sûre que ça apporte vraiment quelque chose. Moi quand j'ai tâtonné, je me rappelle, je sais que ça "OK, ça n'a pas marché, et ça ça a marché !" Maintenant, je sais que cette méthode-là ne marche pas, mais pourquoi exactement elle marche pas ? Ça je ne peux pas le dire ? Il faudrait que je refasse tout le chemin ou presque...

(Remerciements)

30'21"

2.3 Fiches synoptiques des ingénieurs participant aux entretiens

Analyse des questionnaires / entretiens ingénieurs

Jean

Age	Sexe	Domaine de travail actuel	Cycle préparatoire	Diplôme
25	M	Conception Algorithmique dans le domaine du Data Science/Machine Learning/Signal Processing (Allemagne)	CPGE	Informatique

Réponses au questionnaire

Besoins maths (I.48)	Formation en CP adaptée aux besoins (I.49)	Formation en CI adaptée aux besoins (I.50&33)	Apprentissage s seul	Image actuelle des maths (I.65)	Evolution de cette image
5/5 - Très régulier	oui	Oui (4/5)	Oui	5/5	oui

Partie 1 / Partie 4

Contenus / compétences mathématiques utilisés sur le lieu de travail	But de cette utilisation	Comment ces contenus ont été appris	Discours tenu (par l'interviewé) sur les mathématiques dans l'institution où elles ont été apprises
Bases mathématiques	Connaître les bases mathématiques utilisées en traitement du signal / algorithmique	Classe prépa	
Démonstration des théorèmes ,	Recherche : trouver des façons intelligentes d'utiliser les théorèmes	Classe prépa	Le prof de maths de prépa a enseigné la rigueur mathématique

méthodologie de démonstration			Il était informaticien et a aussi enseigné que les mathématiques sont utiles
Utilisation des bases mathématiques	Savoir comment on utilise les bases mathématiques en traitement du signal / algorithmique	Cycle ingénieur	Aucune démonstration Théorème et utilisation
Transformée de Fourier, transformée en Z, transformée de Laplace	Traitement du signal	Prépa et cycle ingénieur	Contenus introduits en prépa (sauf transformée en z) puis appliqués en cycle ingénieur
Probas /stats		Cycle ingénieur	Pas de proba en prépa c'est un plus du cycle ingénieur
Résolution itérative de problèmes	Informatique, discret	Cycle ingénieur	
Partie 4			
Opérations matricielles Calcul différentiel Factorisation QR Schur	Imagerie 3D pour loisirs	Internet Amis Ressources de fabricants informatiques	

Partie 2 : ce qu'il faudrait faire

Contenus qu'il faudrait enseigner	But de l'enseignement de ce contenu
Algèbre linéaire : factorisation de matrices Convolution matricielles	Informatique

Partie 3 : autonomie

- En cycle ingénieur

- o les projets : permet d'avoir un temps long, de travailler en équipe, enseignant avec un rôle consultatif
- o emploi de livres de sites Internet, demande aux professeurs
- o travail collectif, notamment avec un étudiant d'IUT connaissant mieux l'informatique
- En CPGE
 - o devoirs à la maison non obligatoires
 - o travail collectif

Généralités

- critique de l'éducation mathématique avant la prépa pas assez abstrait
- il a lui-même une expérience d'enseignement en cycle ingénieur qui inclut des maths, mais il n'en n'est pas satisfait.
- Il accorde une grande importance à la formation avant l'école, et identifie comme problématique la présence en école des différents profils : issus de prépa, d'IUT...

Remarques

Rolland travaille dans un domaine à forte composante mathématique : le traitement du signal et l'informatique. A priori, il est plutôt positif sur l'enseignement reçu en classe prépa : apprentissage de la rigueur, de la démonstration. Il identifie ces apprentissages comme très utiles pour la composante « recherche » de son métier : pas seulement appliquer, mais trouver des manières d'appliquer intelligemment. Il est critique sur l'enseignement reçu en école d'ingénieur : les enseignants ne sont pas des professionnels de l'enseignement, le cours était « hasardeux ». Mais finalement il note des apports positifs du cycle ingénieur : les probas, la résolution itérative de problèmes. Il a aussi un intérêt personnel pour ces sujets, et a développé des compétences par lui-même et avec des amis, pour son hobby d'images 3D.

(a voir pour un profil : quelqu'un qui a un métier fortement mathématique + un goût personnel pour des domaines proches des mathématiques. Apprécie l'abstraction et la rigueur).

Analyse des questionnaires/ entretiens ingénieurs

Pierre

Age	Sexe	Domaine de travail actuel	Cycle prépa	Diplôme
27	M	Ingénieur en sécurité informatique	IUT	Informatique

Réponses au questionnaire

Besoins maths (I.48)	Formation en CP adaptée aux besoins (I.49)	Formation en CI adaptée aux besoins (I.50&33)	Apprentissages seul	Image actuelle des maths (I.65)	Evolution de cette image
4/5- Réguliers	non	Oui (3/5)	Oui	5/5	oui

Partie 1 / Partie 4

Contenus / compétences mathématiques utilisés sur le lieu de travail	But de cette utilisation	Comment ces contenus ont été appris	Discours tenu (par l'interviewé) sur les mathématiques dans l'institution où elles ont été apprises
Bases mathématiques (intégrales)	Non précisé	Lycée/IUT	Trop généraliste. Difficile de voir la portée des choses.
Cryptographie	Sécurité informatique	Cycle ingénieur	Professeurs passionnés qui proposent des défis. Contenus appliqués.
Partie 4			
Cryptographie	défis	Internet (site du zéro)	Difficultés d'utiliser internet en mathématiques à cause des formules à saisir ou des terminologies différentes selon les pays

Statistiques	Non précisé	internet	
--------------	-------------	----------	--

Partie 2 : ce qu'il faudrait faire

Contenus qu'il faudrait enseigner	But de l'enseignement de ce contenu
Ensembles, congruence	Sécurité informatique

Partie 3 : autonomie

- En cycle ingénieur
 - o Très accompagnés et encadrés par une équipe de professeurs dédiés (alternance)
 - o Alternance = autonomie de fait (entreprise)
 - o A côté des cours, recherche d'informations sur des domaines appréciés personnellement
 - o Plateforme MOOC au sein de l'école. Recherche de ressources en ligne pour comprendre ou approfondir les concepts enseignés.
 - o Utilisation des forums

Généralités

- N'avait pas conscience au moment de sa formation des besoins qu'il aurait des mathématiques plus tard pour des tâches basiques (de nature arithmétique pour des devis, etc.) ou plus élaborées (calcul d'atténuation en télécommunication)
- Trouve que sa formation a été bien adaptée et les contenus bien "amenés"
- Importance de développer la passion pour donner envie de travailler seul, chercher

Profil

Passionné par son métier dont les mathématiques sont une composante importante (cryptographie), il ne se définit pas comme "matheux" et a besoin d'applications concrètes pour apprendre.

Analyse des questionnaires / entretiens ingénieurs

Georges

Age	Sexe	Domaine de travail actuel	Cycle prépa	Diplôme
35	M	Consultant	CPGE	Matériaux

Réponses au questionnaire

Besoins maths (I.48)	Formation en CP adaptée aux besoins (I.49)	Formation en CI adaptée aux besoins (I.50&33)	Apprentissages seul	Image actuelle des maths (I.65)	Evolution de cette image
2/5- Peu fréquent	oui	non (3/5)	Oui	5/5	oui

Partie 1 / Partie 4

Contenus / compétences mathématiques utilisés sur le lieu de travail	But de cette utilisation	Comment ces contenus ont été appris	Discours tenu (par l'interviewé) sur les mathématiques dans l'institution où elles ont été apprises
Propriétés statistiques	Non précisé	Cycle ingénieur : enseignement de physique	"mathématique de physiciens" = mauvaise mathématique, mais bons outils
Développements limités, approximations, division par zéro, etc.	Général	Cycle ingénieur : enseignement de physique	Utilisation d'outils dans un contexte mais sans compréhension du fonctionnement des outils.
Propriétés étranges de certains opérateurs à intégrales	Physique théorique	Cycle ingénieur : enseignement de physique	"C'est des définitions d'opérateurs au fur et à mesure de leurs besoins : c'est le cours de Terminale S finalement. On apprend les primitives et c'est réglé !"

Partie 4			
Equation différentielles	plaisir	MOOC (Vilani)	
Prédiction de branchement (stat.)	Développer ses propres connaissances	Forum	
Nouveautés en Physique statistique	Vulgarisation pour un journal	Forum Discussions lors de masterclass	Avantages des forums ou des MOOC : <ul style="list-style-type: none"> - l'envie vient de soi-même - on choisit "l'enseignant", on arrête quand on veut. - personnalisation du contenu et de sa présentation

Partie 2 : ce qu'il faudrait faire

Contenus qu'il faudrait enseigner	But de l'enseignement de ce contenu
Big data	Traitement statistique, modélisation
Comparaison entre mathématiques pures et outils pour la physique (cf. Vilani)	Donner du sens aux mathématiques
Comportements limites	Savoir ce qu'on néglige quand on fait des "mathématiques physiques"

Partie 3 : autonomie

- En CPGE
 - o Avantage des petits groupes ("même 40 ou 50 personnes, c'est moins qu'un amphi")
 - o Une telle quantité de travail en si peu de temps oblige à être autonome et à faire des choix
- En cycle ingénieur
 - o 2 ans de plus que la prépa (habitudes de travail, meilleures facultés d'analyse, maturité)
- L'autonomie c'est quelque chose de naturel, qui dépend du caractère
- Ne pas être autonome, c'est faire seulement ce qu'on nous demande de faire.

- Avant de devenir autonome, il faut apprendre sans se poser de question. Pour ça il faut l'autorité d'un professeur qui maîtrise ce qu'il enseigne.
- Côté négatif de l'autonomie: développer des stratégies d'impasse en se basant sur des paramètres comme la sévérité du prof, la présence d'annales, etc.
- Maîtriser les outils aide à développer l'autonomie. Par exemple, avoir appris seul à se servir de sa TI92 avant le bac lui a permis de résoudre seul des problèmes puis d'appréhender plus facilement le logiciel Maple en prépa.
- L'autonomie, c'est vouloir en faire le moins possible et chercher à se dégager du temps pour faire autre chose : abstraction + automatisation de tâches.
- Wikipédia peut seulement servir de point de départ.

Généralités

- Enseignement de mathématiques reçu essentiellement en CPGE et en 1^{ère} année du CI (rappels de CPGE pour les autres étudiants).
- En tant que chef de projet, il considère son enseignement de mathématiques plutôt comme un socle de connaissances solides utile pour comprendre ses interlocuteurs, que des compétences scientifiques effectives.
- Regrette un peu la vision des mathématiques comme une boîte à outils (même s'il faut que ça en reste une selon lui et ses amis), puisque quand on ne se sert plus de ces outils, on oublie leurs usages. Il ne faut pas séparer abstraction et applications (modèle : Cédric Vilani)
- Pour apprendre et comprendre une notion, il faut un domaine qui intéresse l'étudiant et un professeur qui sache expliquer le but de ce qu'il enseigne, même s'il ne le maîtrise pas complètement (ne jamais dire "ça sert à rien" ou "je vous l'enseigne et vous verrez après")
- Regrette le fait que la formation soit centrée sur l'arithmétique et l'algèbre.
- Déploie la provenance variée d'étudiants de l'Université ou d'IUT : ils ont des lacunes contrairement à ceux de CPGE et c'est une perte de temps de tout reprendre avec eux.
- Il faut le goût d'apprendre, un but et les outils pour.
- La formation initiale c'est un professeur devant des élèves. Il peut y avoir des MOOC pour gagner du temps d'amphi, mais c'est tout.
- Pour les cours en ligne, il observe une très grande différence entre les ressources françaises (beaucoup d'équations, peu d'enthousiasme et de sens) et anglo-saxonnes (peu d'équations, part d'un sujet concret, de façon intéressante)
- Souhaite mettre en place des interventions dans son ancienne école sur le modèle des TED à propos de tout ce qui n'est pas scientifique et qui manque à un ingénieur débutant (gestion de projet, etc.)

Profil

Faible besoin de compétences mathématiques, mais besoin de connaissances de bases pour comprendre globalement le travail de ses interlocuteurs. Plutôt passionné de Physique, il considère que les

mathématiques comme "boite à outils" ont leurs limites et devraient pouvoir être plus détaillées. A charge pour l'enseignant de donner un sens et de l'intérêt à ce qu'il enseigne.

Analyse des questionnaires / entretiens ingénieurs

Mathieu

Age	Sexe	Domaine de travail actuel	Cycle prépa	Diplôme
29	M	Contrôle procédés	Université	Chimie

Réponses au questionnaire

Besoins maths (I.48)	Formation en CP adaptée aux besoins (I.49)	Formation en CI adaptée aux besoins (I.50&33)	Apprentissages seul	Image actuelle des maths (I.65)	Evolution de cette image
5/5- Très réguliers	oui	x	Oui	5/5	oui

Partie 1 / Partie 4

Contenus / compétences mathématiques utilisés sur le lieu de travail	But de cette utilisation	Comment ces contenus ont été appris	Discours tenu (par l'interviewé) sur les mathématiques dans l'institution où elles ont été apprises
Algèbre linéaire, analyse de base (équa-diff, etc.)	"Utilité pour le travail d'ingénieur"	1 ^{ère} année CPGE	"Seulement 10% de ce que j'ai appris en prépa m'a aidé ensuite"
Probas-stats de base	Non précisé	Non précisé	
Analyse de base (équa-diff, etc.)	Symétrie moléculaire	Université (L1)	
Algèbre linéaire de base, Matrices, Géométrie	Symétrie moléculaire	Université (L1)	Trop léger à la fac. Je n'y ai rien appris.
Partie 4			

Bases mathématiques	Retrouver les choses oubliées Résoudre un problème nouveau	Internet Internet/Forum	Réponse immédiate à un besoin Satisfaction de trouver la réponse seul !
---------------------	---	--------------------------------	--

Partie 2 : ce qu'il faudrait faire

Contenus qu'il faudrait enseigner	But de l'enseignement de ce contenu
Utilisation de l'outil informatique en maths (tableur)	Modélisation, résolution de problèmes (méthodes itératives) "Dans les entreprises certains outils logiciels sont mis à disposition pour la modélisation ou la résolution d'équations, mais comme on ne sait pas toujours s'en servir, c'est mieux si on l'a fait avant de manière plus simple sur Excel".
Bases d'analyse	

Partie 3 : autonomie

- En CPGE
 - o Travailler à fond n'aide pas à devenir autonome : on n'apprend pas à raisonner pas soi-même, on ne fait pas de recherche, c'est du travail à la chaîne.
- A la fac
 - o Par essence, il faut être plus autonome : on est sorti de fait de sa zone de confort niveau indépendance.
 - o A part justement, ne rien faire pour vous aider à être autonome, il n'y a rien de fait pour devenir autonome.
 - o Beaucoup de références données pour pouvoir aller chercher les livres "utilitaires".
- En cycle ingénieur
 - o Programmation ou utilisation de tableur en math info pour résoudre des problèmes.
 - o Des exercices donnés par groupes (dont les participants sont de niveaux différents), sur une longue période (projets ou micro projets) lui ont donné le plaisir de chercher
- L'autonomie, c'est primordial, mais c'est plus ou moins inné ou plus ou moins développé en arrivant dans le supérieur, selon les personnes.
- En tant que recruteur de stagiaire, c'est la première qualité requise, et ça ne s'apprend pas, contrairement aux connaissances ou aux capacités techniques.
- Dans l'industrie française, on est peu nombreux à faire un travail immense. On tire sur la corde à fond. Il est important de savoir travailler sans tous les autres.

- L'autonomie se développe par la curiosité, l'envie de chercher des choses pas soi-même, de ne pas être timide.
- Pour développer l'autonomie, il faut se jeter hors de sa zone de confort.

Généralités

- Aimait beaucoup les maths et la formation proposée au Lycée.
- A commencé par une première année de prépa avant de partir à l'université à cause d'un dégoût pour les mathématiques causé par la surcharge de travail et du fait de ne pas percevoir l'intérêt des concepts.
- La prépa sert à faire une sélection dans l'élite française, ce qui explique l'enseignement de concepts abstraits (théorie des groupes, topologie, etc.) inutiles ensuite, et ce quelque soit le métier (chimie, mécanique, électronique)
- A quitté la prépa car il voulait garder une vie personnelle à côté.
- Arrivé à l'université, il a eu l'occasion d'aider certains camarades en difficulté en maths.
- A donné des cours particuliers de maths à tous les niveaux et s'est aperçu de l'utilité des choses à cette occasion. Enseigner sert à solidifier les bases.
- Pendant les études, on acquiert une "culture générale" qu'on perd inexorablement...
- Aucun enseignement post-bac ne lui a paru bien adapté. Ce qu'il a vu en 1^{ère} année de prépa lui a cependant suffit.
- Aurait aimé que l'enseignement de maths à la fac soit plus dense en terme d'outils.
- Il a accepté de participer à l'enquête en espérant que mes travaux serviraient à réorienter les choses dans l'Education Nationale...

Profil

Avait initialement un goût pour les mathématiques qu'il a perdu en première année de prépa puis retrouvé en donnant des cours particuliers, puis, dans son travail quotidien. Il insiste sur l'utilité de la bonne connaissance d'outils de bases en mathématiques (analyse, algèbre, probas-stats) et sur l'apprentissage de l'utilisation d'outils informatiques pour la résolution de problèmes concrets.

Analyse des questionnaires / entretiens ingénieurs

Guillaume

Age	Sexe	Domaine de travail actuel	Cycle prépa	Diplôme
35	M	Entrepreneur en gestion financière	CPGE	Supelec

Réponses au questionnaire

Besoins maths (I.48)	Formation en CP adaptée aux besoins (I.49)	Formation en CI adaptée aux besoins (I.50&33)	Apprentissage s seul	Image actuelle des maths (I.65)	Evolution de cette image
4/5- réguliers	oui	Non (2/5)	Oui	4/5	oui

Partie 1 / Partie 4

Contenus / compétences mathématiques utilisés sur le lieu de travail	But de cette utilisation	Comment ces contenus ont été appris	Discours tenu (par l'interviewé) sur les mathématiques dans l'institution où elles ont été apprises
le procédé d'une démonstration mathématique, la manière de raisonner	Poser les hypothèses, réfléchir à l'angle d'attaque d'un problème, aboutir un résultat puis le valider par d'autres angles pour recouper l'information.	CPGE	90% des concepts appris en prépa ne lui ont servi à rien, mais ça c'est le plus important. Le tout dans une démarche de rigueur. Insister sur l'importance des hypothèses
Probas-Stats		Cycle ingénieur	Apprentissage de formules sans contexte, sans exemples concrets
Partie 4			

Probas-Stats	Analyse financière, gestion actifs-passifs	Livres	lire le livre de bout en bout pour avoir une vue globale de la matière
actuariat	actuariat	cours magistraux + mémoire	25% de math, 75% d'applications Formation faite par des professionnels en fonction : plus concret
		Utilisation de forums	Pas de prof

Partie 2 : ce qu'il faudrait faire

Contenus qu'il faudrait enseigner	But de l'enseignement de ce contenu
Bases mathématiques	Expliquer l'utilité concrète des concepts puis donner les références académiques pour trouver les informations.
Ordres de grandeur	Développer le sens intuitif, analyser son résultat

Partie 3 : autonomie

- En CPGE
 - o Pas autonome ni sur le contenu ni sur l'organisation du travail (cadence trop importante)
- En cycle ingénieur
 - o Autonomie dans l'organisation du travail (Assiduité non obligatoire), mais pas positif !
- En formation continue
 - o Actuariat (mémoire) : Choix du sujet (en rapport avec la formation), puis professeur référent (confiance obligatoire). Il fallait une sorte d'application industrielle à la fin du mémoire.
 - o CFA (livre) : on peut prendre le temps, c'est très dense, très complet. Il est indiqué ce qui est important et ce qui l'est moins. Sur quoi passer du temps, et sur quoi passer très vite.
- "quand t'as compris à quoi sert une matière et comment la manipuler, t'es toujours capable de retrouver derrière : t'ouvres un bouquin, tu vas sur Google, tu retrouves la formules tu l'appliques"
- L'autonomie c'est important car tu n'as pas toujours ton prof sous la main, mais il ne faut pas la donner trop tôt non plus : laisser les gens mouliner sur les problèmes de manière

autonome c'est contre-productif. Parfois c'est juste un déclic qui manque : un simple mots, simple idée, peut aider à comprendre le sujet. Et il faut quelqu'un pour ça.

- Ce qui est important ce n'est pas l'autonomie dans l'organisation du travail (c'est bien de la donner), mais l'autonomie dans la manière de réfléchir : comment attaquer le problème, poser les hypothèses, construire le raisonnement, etc.
- Une fois apprises par cœur les bases, on a les moyens de développer ses propres solutions. Dans la vie professionnelle cherche de la créativité : solutions innovantes, pas chères, pour faire les choses vite et bien. Mais les bases sont toujours les mêmes.

Généralités

- même s'il est aujourd'hui entrepreneur en gestion financière, il considère qu'il exerce toujours un métier d'ingénieur : réfléchir à des concepts, les appliquer à des situations professionnelles
- le contenu en prépa était intéressant (il aimait ça), mais 10 ans plus tard, il ne reste presque rien : c'est de la culture générale.
- En école d'ingénieur, ça avait vocation à être plus concret (maths appliquées), mais finalement, c'est resté très théorique.
- En commençant les cours par la théorie, on passe trop vite sur les exemples par manque de temps. Il faudrait faire l'inverse.
- Dans les filières généralistes, il faut surtout donner le goût de la matière en expliquant l'utilité du concept et en partant d'un exemple concret. Il faut que ça raconte une histoire : Qui ? la genèse du concept ? Pour quel problème ? Quelles solutions ? Comment ?
- Une fois l'attention captée, il est plus facile d'aller vers des problèmes plus complexes, de rajouter de la théorie et d'y aller graduellement : ceci est vrai quelque soit la forme du cours (magistral ou même sur un livre)
- Besoin d'efficacité dans le contexte professionnel : faire 80% du travail en 20% du temps.
- La formation à distance est complémentaire de la formation en présence.

Profil

Analyse des questionnaires / entretiens ingénieurs

Alice

Age	Sexe	Domaine de travail actuel	Cycle prépa	Diplôme
30	F	Ingénieur développement dans l'automobile (Allemagne)	CPGE	Matériaux

Réponses au questionnaire

Besoins maths (I.48)	Formation en CP adaptée aux besoins (I.49)	Formation en CI adaptée aux besoins (I.50&33)	Apprentissages seuls	Image actuelle des maths (I.65)	Evolution de cette image
4/5- réguliers	oui	Oui (3/5)	Oui	5/5	non

Partie 1 / Partie 4

Contenus / compétences mathématiques utilisés sur le lieu de travail	But de cette utilisation	Comment ces contenus ont été appris	Discours tenu (par l'interviewé) sur les mathématiques dans l'institution où elles ont été apprises
fonctions de plusieurs variables	propriétés physiques des matériaux	CPGE/CI	très mal refait en CI
logique, raisonnement	Comment aborder un problème	CPGE	
Probabilités -statistiques	automatique Modélisation statistique Plans d'expériences	CI Seule Logiciel	c'est qui m'a le plus servi en CI Les boules dans les sacs, personne ne s'en sert mais pourtant c'est utile
Régression	Modélisation	Livres Collègues	Il faut beaucoup se tester soi-même pour savoir si ça marche

Partie 4			
bases mathématiques (intégrales, équations, etc.)	Electricité, modélisation du vieillissement de matériaux	université (thèse)	La formation de prépa a facilité l'utilisation ultérieure de ces connaissances de base
statistiques	plans d'expériences	thèse	s'est servi des bases de statistiques vues en CI

Partie 2 : ce qu'il faudrait faire

Contenus qu'il faudrait enseigner	But de l'enseignement de ce contenu
statistiques et probabilités	plans d'expériences en partant d'un problème concret (montrer aussi les limites de cette pratique) regroupements pas cluster
Régression	

Partie 3 : autonomie

- En CPGE
 - o Tellement de travail qu'il fallait bien se débrouiller à tout caser
 - o organiser son temps de pause: c'est très important !
- En cycle ingénieur
 - o Les profs donnaient un truc à faire et on se débrouillait comme on pouvait
 - o A réalisé seule une modélisation demandée par son patron lors de son stage de première année de cycle ingénieur (utilisation de gradient, de géométrie)
 - o A développé son autonomie grâce aux stages ou aux projets (qui doivent être encadrés)
- Pour parvenir à une autonomie mathématiques (en statistiques), je me suis servi de la base de l'école d'ingénieurs (du cours dont j'ai parlé), et après recherches bibliographiques grâce à d'autres doctorants (psychologie) puis des outils logiciels conseillés par des collègues (minitab).
- Pense que l'autonomie dépend des personnes : ceux qui sont autonomes et les autres pas.
- C'est suffisant de faire des TP sur maximum 3 séances (chercher à droite à gauche, mariner), sinon, c'est trop de perte de temps

Généralités

- la présence en CI d'étudiants venant de fac ou d'IUT génère des redites, ce qui crée un manque d'intérêt et d'interactions.

- Elle se sert encore régulièrement de certains "bons" cours (de prépa ou cycle ingénieur) plutôt que de chercher sur internet directement.
- Elle estime que sa formation de prépa est excellente par rapport à la formation des ingénieurs allemands par exemple.
- Importance de partir du concret et de faire les calculs dans le cadre du cours.
- Apprendre seul nécessite de tâtonner, de tester beaucoup plus ses étapes de calcul ou de réflexion.
- concernant la formation française en mathématiques par rapport à la formation allemande : *"Bien qu'ingénieur matériaux j'ai une bonne connaissance en physiques/mathématiques me permettant de comprendre ou de rentrer facilement dans des thématiques demandant plus de connaissances en mathématiques. Les ingénieurs (ou étudiants) allemands sont souvent étonnés et ont plus de mal quand il faut calculer ou modéliser quelque chose. Ils doivent beaucoup plus chercher et apprendre par eux-mêmes. Dans mon travail j'"hérite" donc souvent des projets demandant ces connaissances. La formation allemande est plus spécialisée et a beaucoup moins de mathématiques que la nôtre."*

Profil

Annexes du chapitre 3

3.1 Transcriptions des entretiens avec six enseignants

24 avril 2017

Entretien avec Pascal

01:17 Pour commencer peux-tu me donner ton nom ton prénom ton âge ?

01:28 Pascal, je suis PRAG en mathématiques, j'ai 43 ans... Donc mon premier poste ça été à l'IUT de Lannion, de **2001 jusqu'à 2014**, donc un niveau de technicien supérieur. Et il y a trois ans j'ai intégré l'[ECOLEPASCAL], qui est une école d'ingénieurs dans laquelle **un certain nombre d'étudiants de l'IUT poursuivent**, donc j'étais dans le prolongement. D'ailleurs à l'époque, quand le poste c'est ouvert m'a proposé parce que déjà je collaborais avec l'[ECOLEPASCAL], L'idée c'était que **j'étais bien placé pour connaître les difficultés des étudiants venant de l'IUT** à s'intégrer dans une formation ingénieurs où il y a majoritairement des classes prépas. Donc c'est pour ça que maintenant, depuis trois ans que je suis à l'[ECOLEPASCAL], d'une part je **m'occupe d'une partie du recrutement, justement des étudiants sur titre**, parce que c'est un public que je connais bien, et je m'occupe surtout des cours en première année d'une part du semestre d'adaptation pour les étudiants venant de l'IUT. On leur fait une **centaine d'heures de maths générales**, pour qu'après **ils s'intègrent dans des cours communs avec les étudiants des classes préparatoires au deuxième semestre**. Donc moi j'interviens surtout sur ces deux semestres-là, de première année et après j'ai des **petits modules** en 2ème ou 3ème année mais les modules de maths théoriques sont moins présents en 2ème et 3ème années donc il y a beaucoup moins d'heures à faire.

02:45 Et les spécialités du diplôme d'ingénieur ?

02:49 Y'a trois grandes spécialités qui sont donc informatiques, électronique et photonique. Photonique, y'a une très très forte composante mathématique avec du calcul numérique, des **équations aux dérivées partielles**, ça va très très loin. Euh... Informatique et électronique c'est très proche l'un de l'autre, les contenus. Alors, il y a un peu plus de **traitement du signal** en électronique, un peu plus de choses liées à la **complexité ou à la logique en informatique**. Par contre, en informatique, y'a une chose très particulière, c'est qu'il y a une autre filière qui est par apprentissage, donc qui recrute beaucoup de, enfin qui recrute exclusivement des DUT et TS, donc c'est un public qui a un moins bon niveau en mathématiques au départ et qui en plus a une scolarité assez hachée, puisqu'il y a des périodes en entreprise, des périodes... et là c'est un public pour lequel il fallait s'adapter, que moi je connaissais bien. Donc j'interviens pas mal dans cette filière.

03:37 Et donc tu fais quel type d'enseignement principalement ? Plutôt des cours ? des TD ? des TP ? des projets ? ...

03:44 Je suis sur un format assez normal de cours, c'est-à-dire que à l'[ECOLEPASCAL], c'est on va dire **40% de CM et 60% de TD**. Voilà, ça c'est globalement c'est ça. Euh... j'ai quelques cours, en particulier, j'ai un module de **calcul numérique pour les gens qui font photonique où il y a exclusivement du TP et du CM**. Sachant que le but de ce cours-là c'est à la fois d'apprendre à maîtriser Matlab, donc en tant qu'outil, mais donc euh on l'a récupéré en tant que matheux parce que ça nous permettait d'avoir des heures pour d'une part enseigner Matlab mais en plus on fait vraiment des maths avec. Et puis, y'a le côté un peu... les photoniques, c'est ceux qui sont le moins attirés par le côté informatique donc faut pas se leurrer, on fait aussi un petit peu d'algorithmique derrière. Donc c'est un module très particulier, par contre extrêmement intéressant, quand on s'intéresse au calcul numérique.

04:35 Et les volumes horaires ?

04:40 Globalement, un module, c'est une **cinquantaine d'heures** avec voilà on va dire une vingtaine d'heure de CM et 30 heures de TD.

04:50 Et pour terminer sur cette première partie : à titre personnel, tu as quoi comme formation ?

04:56 Alors, moi j'ai fait toute ma formation à l'**université de Rennes 1**. J'ai commencé en DEUG et j'ai fini par une **thèse en math**, en équations au dérivées partielles. Et la dernière année de ma thèse, j'avais assez peu de perspective de postes, et euh, je candidatais sur les postes de PRAG et j'ai tout de suite trouvé un point de chute à l'IUT de Lannion, donc dans le département informatique. Et euh ça me convenait très bien car je gardais d'un côté, **le côté enseignement supérieur où faut quand-même en permanence se former, s'ouvrir à d'autres choses, des choses nouvelles, et en même temps, j'ai toujours été attiré par le côté pédagogique**, y compris dans l'enseignement supérieur, dans la recherche. C'est ce qui m'intéressait c'était surtout l'interaction avec les autres, les explications etc.

05:36 Justement, est-ce que tu as eu une formation spécifique en tant qu'enseignant ?

05:39 Alors quand j'ai débarqué à l'IUT, j'étais donc considéré comme stagiaire parce que j'avais donc passé mon agrégation avant de démarrer ma thèse, mais comme je faisais des vacances mais j'ai jamais été considéré comme euh... je ne sais plus ce qui correspond aux missions enseignement maintenant... donc comme j'ai jamais eu ce statut-là, je suis arrivé à l'IUT...

05:57 T'avais fait un report de stage en fait...

05:58 Voilà j'ai fait report-report-report, et donc **j'étais considéré en stagiaire alors que j'étais le seul titulaire en maths**, donc euh [sourire]... je suis rentré dans le bain direct, en plein dans le mur. J'ai dû me... alors, la chance que j'avais, c'est que j'ai fait toute ma scolarité à l'université de Rennes 1 et j'ai fait de la didactique des mathématiques un petit peu en DEUG, et quand on était à l'**UFR de maths, bah, on était au contact des gens de l'IREM quand-même**... donc j'ai vu des choses, j'étais sensibilisé assez tôt ! Je dirais que **j'ai été sensibilisé suffisamment tôt pour m'y intéresser toute ma scolarité universitaire**, aux questions didactiques, et en même temps j'ai p't'être pas eu la formation après, qui te formate, donc je ne me suis jamais formaté sur "je veux faire telle pédagogie ou telle autre !", mais je me suis **toujours ouvert à regarder toutes les pédagogies et essayer de les mettre en pratique**. Ça fait peut-être un peu bizarre, j'aime bien aller écouter les gens des IREM, mais j'ai pas forcément la culture de, comment dire, de classification des différentes méthodes,...

06:53 Ça t'a servi de terreau...

06:56 Oui parce que ça m'a, ce que j'ai fait en DEUG, et j'ai trouvé ça super, c'est qu'on nous vraiment incités à réfléchir. C'est-à-dire que dès le DEUG je suis allé dans une classe de collège où on avait un petit sujet à faire, et à expérimenter. Et euh... même sans avoir tout le bagage théorique derrière, j'ai eu la méthode, et après bah euh... quand tu es étudiants déjà tu le confrontes tous les jours à ton vécu, et après, une fois que j'étais en thèse, j'ai fait beaucoup de vacances, très vite, donc ça m'a appris à le faire, naturellement...

07:24 Après ça tournait un peu en toile de fond, en permanence...

07:27 Ouais ouais, je me pose constamment la question... j'aime beaucoup passer du temps à lire ce que font les autres. Y compris dans des matières qui sont pas les maths, pour voir qu'est-ce qu'on a de commun, ou qu'est-ce qu'ils font très différemment.

07:40 Je reviens sur le type d'enseignement... est-ce qu'il y a des outils, des cours hybrides, etc. ?

07:52 Alors **je fais beaucoup de choses hybrides**, en fait. Moi je me suis intéressé très tôt à moodle, donc euh... dès 2006 j'ai commencé à utiliser moodle, mais avant d'utiliser moodle, j'avais déjà quasiment tous mes enseignements qui étaient mis en ligne... au moins une partie pour donner accès à des choses aux étudiants. Donc dès que moodle a été mis en place dans l'université de Rennes 1, j'ai commencé à utiliser des outils, par exemple, comme j'étais en DUT info, un des objectifs qu'ils avaient en me recrutant, c'était que je trouve un moyen de rapprocher un petit peu l'enseignement des maths des problématiques euh d'un DUT info. Et donc très très tôt on a utilisé un logiciel pour illustrer nos cours, donc on avait toute une partie de TP, c'est prévu dans les maquettes de DUT, il y a des heures de TP (au départ les heures de TP c'était juste des TD faits en demi-groupes), et en fait au bout d'un an que je suis arrivé, on s'est mis à faire des vrais TP sur les maths, en utilisant un logiciel de calcul numérique qu'est Scilab. Donc quand on fait ça bah y'a un moment où il faut essayer de faire entrer ça aussi dans l'évaluation, donc quelque part, on fait des TP, et dès qu'on doit gérer des TP avec 120 étudiants, on a besoins d'outils pour gérer ça un petit peu proprement, et donc moodle ça m'a fourni des outils pour des **rendus de TP**, voilà, pour **diffuser les sujets**, pour faire des contrôles d'une certaine manière. Donc je suis rentré comme ça dans moodle, puis après j'ai exploré différents outils... je me suis mis à faire après **des QCM, des vidéos**, euh... essayer d'utiliser au maximum les choses

09:26 Bon, euh... Je pense qu'on a vu tout ce qu'il fallait sur cette partie... Maintenant pour ce qui est de la perspective sur les maths pour les futures ingénieurs, est-ce que déjà toi tu pourrais me donner ta vision ? Qu'est-ce que ça représente ? En particulier pour la spécialité à laquelle tu enseignes ? À ton avis qu'est-ce qui vient comme contenus particulièrement utiles ? Qu'est-ce que c'est contenu peuvent apporter aux ingénieurs dans leur quotidien ? Est-ce que tu as justement des retours là-dessus pourquoi pas ? Et puis aussi le lien avec les aspects théoriques ? Quelle est la place des aspects théoriques dans tout ça ? Le côté utilitaire peut-être aussi ? Utilisation aussi pourquoi pas de logiciels ?

10:11 Y'a... c'est l'éternel dilemme je pense, en maths. Ça c'est quelque chose que j'ai toujours eu à l'esprit très très tôt, c'est qu'il y a à la fois un aspect très pratique, y'a des techniques, y'a des outils, y'a le côté "boite à outils", voilà. C'est des choses qui demandent énormément de répétitions, c'est de la technique, c'est comme un sport, maîtrise technique d'un sport. Et oui après, y'a tout le côté théorique qui demande énormément de recul. Moi j'ai ... quand je regarde toutes mes années d'études, je me dis, j'ai appris à faire les choses très techniquement euh... à être bon à faire des exercices et puis y'a un moment où le recul m'a permis de comprendre les choses, quoi... et de voir que ça m'avait formaté l'esprit. Ce passage-là c'est extrêmement difficile à faire et moi j'essaie de reproduire un peu ce que j'ai... ce qui moi, m'a fait aimer les maths, c'est forcément de bombarder les gens avec, comment dire, la théorie dès le départ... alors d'une part j'ai été obligé de le faire quand arrivé en DUT info, quand je me suis retrouvé face à 120 étudiants, moi j'ai fait beaucoup de première année en DUT info, des amphis de 120 étudiants pour faire des maths, euh... tu te prends un sacré mur dans la gueule au début, voilà ! C'est du sport ! Et tu peux pas lutter physiquement, c'est-à-dire que si tu veux imposer ton rythme aux étudiants, t'as plus de voix au bout de deux semaines, même si t'as qu'une heure de CM par semaine tu meurs. Donc il faut trouver un truc, faut trouver un contrat moral entre les

étudiants et toi pour que euh... ils rentrent dans un jeu où chacun peut progresser. Donc, moi, toujours ce que je me suis dit c'est qu'il y a des techniques de **bases** qu'il faut apprendre, même si pour nous, mathématiciens, quand on regarde ça on se dit "ça va pas très loin, c'est vraiment répétitif, c'est pas..." je pense que c'est formateur. Y'a le côté formation, on apprend à faire des choses de manière très précises.

12:07 À quoi tu penses quand tu dis ça, par exemple ?

12:08 Tout de qui est **méthodes de calculs**. Voilà, par exemple j'ai fait des cours d'**arithmétique pour la cryptographie**, bah tu commences par dérouler l'algorithme d'Euclide voilà, tu poses ça en petit contrôle, ça n'a pas une très grande euh... comment dire... une très grande valeur ajoutée théorique, mais il faut savoir le faire proprement, c'est une méthode, je pense surtout à l'**algèbre linéaire**, la **méthode de Gauss** par exemple : tous mes cours d'algèbre linéaire sont structurés autour de la méthode de Gauss. Et je consacre un temps important au départ à faire la méthode de Gauss, à le **faire à la main**. Alors après, dans un contexte avec des DUT info, c'est pour ça que je suis vraiment parti des méthodes au départ avec ce public-là, parce que euh... on le fait à la main, c'est très calculatoire, et puis après on peut le passer en TP, on peut l'automatiser... et euh, **l'enseignement en TP ça permettait d'avoir une prise de recul et de passer d'un truc très technique à voir "oui, y'a une méthode derrière, y'a une méthodologie"** même si le codage parfois peut venir ajouter une couche de technique dessus, des fois pour les étudiants qui sont mal à l'aise avec la programmation, c'était pour eux **une manière de prendre du recul et de voir comment fonctionnait l'objet et de le considérer après comme une brique théorique et de pouvoir raisonner sur la méthode de Gauss**, quelque soit la matrice qu'on va prendre, on va récupérer une forme normale et on va réfléchir sur cette forme normale. Donc euh, je pars toujours de cette technique : **l'étudiant qui a peu de capacité au départ, mais qui est travailleur**, on lui donne un programme simple techniquement à faire, il va le faire sérieusement, donc au début il va pas avoir évidemment le recul, mais au moins il va **acquérir une technique, on va lui transmettre une rigueur**, et rien déjà que de transmettre cette rigueur-là c'est un truc qui après dans les autres matières, euh, les autres enseignants nous disent, "bah au moins ils ont été bien formés, au moins on leur dit "tu fais ça", ils le font" ! Je prenais un autre cours qui est très spécifique au DUT info, c'était "**Théorie des graphes**". Moi, j'ai eu de la chance, dans le DUT où j'étais, la théorie des graphes, c'étaient des matheux qui le faisaient. C'est pas toujours le cas. Mais pour le coup, par exemple je faisais tout ce qui était les **algorithmes du type "Dijkstra", Bellman**", donc les **algorithmes d'optimisation sur un graphe**. On les faisait, **on fait des tableaux, on recopie des nombres**, mais c'est quelque chose qui demande de la méthode et on peut pas le faire en fait, sans comprendre la structure des objets derrière. Par contre, une fois qu'ils allaient en cours de "Réseaux", les profs des réseaux disaient, "moi je leurs apprend pas Dijkstra ! Je leurs dis ils ont appris chez toi..." et effectivement, il me disait "c'est très bien, il le font parfaitement !" Donc après on peut raisonner là-dessus pour faire vraiment de l'informatique. Donc moi j'essayais de **faire en sorte que le cours de maths soit vraiment utile pour ceux qui en ont besoin de l'autre côté**. Et après l'idée c'est que, **quand on a 120 étudiants, faut pas se leurrer, y'a un fond d'étudiants qui seront en échec, et euh... on peut y mettre autant d'énergie qu'on veut, on n'y arrivera pas et certains ils y arriveront pas parce qu'ils... de toute façon ils ont pas envie !** Donc peut-être ils ne sont pas là pour de bonnes raisons. Donc il ne faut pas non plus s'acharner là-dessus et faut faire attention parce que quand on s'acharne trop sur

eux, on les... comment dire, ils le vivent très mal,... faut pas les stigmatiser ! Y'a des gens il faut leur dire "écoute, tu réussis pas, il faut te poser des questions pourquoi tu viens là, mais c'est pas un problème...", c'est très important dans la tenue, je pense, d'un groupe euh... les maths c'est une matière qui a fait souffrir beaucoup de monde, donc il faut savoir ne pas stigmatiser les gens. Après y'a une tranche au-dessus, de gens, donc soit **des gens qui sont faibles au départ**, qu'ont pas confiance en eux. Et l'approche plutôt basique, technique, des fois ça leur permet de se dire "bah euh j'ai eu un 15, alors évidemment, c'est pas un contrôle très dur...", mais rien que ça ils prennent confiance en eux. Et petit à petit ils s'obligent à se dire "bah je peux peut-être aller plus haut !" Et cette tranche-là, c'est bien de la faire progresser. Au contraire, dans cette tranche-là, y'a aussi **des gens qui sont très à l'aise techniquement mais qui font rien et qui sont pas franchement motivés par les maths**. Et c'est aussi bien quand on fait des choses très techniques comme ça de voir que, eux qui ne veulent pas le faire sérieusement, ils se retrouvent derrière... Y'a une compétition et il faut trouver le juste milieu pour que ça avantage les gens qui travaillent. Y'a une phrase que j'aime beaucoup dire c'est "j'essaie de faire en sorte que mes cours donnent un avantage déloyal aux gens qui travaillent !". Mais vraiment "déloyal", c'est-à-dire que si c'est uniquement les gens qui sont bons à l'avance qui réussissent, c'est qu'on apporte zéro valeur ajoutée... ça c'est un problème... Et puis après y'a une frange de **gens au-dessus qui sont très bons et qui sont travailleurs, et ceux-là il faut donner un cours qui soit à double lecture**, c'est-à-dire qui leur permette d'aller eux-même vers autre chose plus haut. C'est gens-là c'est très important euh... parce que s'ils s'emmerdent trop dans un cours, ils vont dissiper le reste du cours alors que c'est des gens qui sont à la fois euh.. sérieux et sympathiques en plus comme étudiants, mais il faut leur donner du grain à moudre sans que les autres se sentent stigmatisés derrière... Et donc là, le... souvent dans mes cours, alors c'est pour ça que je suis très attaché au CM et puis TD... parce que dans mon CM tu vois là, je pars vraiment de la technique mais j'essaie d'agréger autour, d'une part du recul et surtout en me basant sur des vraies applications intéressantes, des choses qui demandent une compréhension plus grande ; qui peuvent être vues par des gens qui ont un niveau faible, juste comme de la culture, mais qui pour les gens qui ont un bagage et qui sont travailleurs, ils peuvent se rendre compte qu'ils ont effectivement toutes les briques pour aller jusqu'à ce niveau-là. Donc après, la pédagogie en IUT c'était vraiment très particulier, donc je pouvais faire des choses comme ça, qui étaient à double lecture, en particulier les TP, faut voir que sur un TP, y'avait des exercices pour tout le monde et puis il y avait des exercices qui n'étaient faits que par cette tranche de types très autonomes, eux ils avaient ce grain-là à moudre ! Et dans un groupe, ils pouvaient le faire sans que les autres le voient vraiment ou s'y intéressent. Donc ça permettait cette pédagogie différenciée.

[17:42 Et le fait de travailler vraiment pour des ingénieurs, et le retour par rapport à leur utilisation quotidienne des mathématiques ?](#)

17:56 Alors, bah là ça fait que 3 ans que je suis en école d'ingénieurs, mais j'me rends compte que **ce que j'ai fait en IUT info ça plait vraiment beaucoup aux élèves ingénieurs**, donc d'une part ceux qui viennent de DUT ils se sentent mieux compris, je pense, mais ceux qui viennent des classes prépas, souvent ils me disent que ça change la pédagogie mais qu'ils la trouvent plus adaptée à la question. Alors c'est peut-être aussi parce que l'[ECOLEPASCAL] c'est une école d'ingénieurs quand-même très proche des technologies, puisqu'elle a été fait pour intégrer au départ des DUT. Mais nan... ils sont... je trouve que ça passe bien, y'a... il faut... **Ce qui est dur à l'[ECOLEPASCAL] c'est**

justement d'intégrer cette population de DUT avec cette population de classes prépas, et c'est souvent source de friction ! En maths, euh il peut y avoir un discours de gens qui disent "C'est impossible que les TS - c'est comme ça qu'on les appelle - arrivent au niveau des CP !" C'est pas vrai ! Je le vois, il faut une pédagogie différenciée, mais ces TS-là si ils se sentent pas, comment dire, s'ils ont pas un complexe d'infériorité, ils sont capables d'aller très très loin... après, le petit défaut qu'ils ont c'est qu'ils n'ont **pas cet entraînement mécanique qu'ont des classes prépas**, et donc ils vont chuter sur des petits détails... mais si on arrive à leur faire une pédagogie où au départ on leur fait travailler ça, et où on laisse une marge à la fin des modules où... souvent moi ce que je fais c'est vraiment, je fais vraiment du contrôle continu, donc euh... **sur un module de 50h, je vais avoir 4 ou 5 évaluations**... bon alors bien évidemment, quand on fait 4 ou 5 évaluations, ça veut dire qu'il y a des trucs qui sont extrêmement téléguidés... C'est des choses avec une trame, ils ont le corrigé de l'année d'avant donc euh... c'est le même exercice, mais euh y'a que quelques données qui changent, mais alors si c'est des exercices écrits c'est parce que ce que je veux c'est de la rédaction... pour moi je considère la rédaction comme un élément technique, comme apprendre à rédiger, hein... je le vois vraiment comme ça... y'a pas que le calcul qui soit quelque chose de technique. Un raisonnement pour moi c'est un calcul mais écrit en langue naturelle, d'ailleurs c'est un message que j'essaie de leur faire passer [rires] ! Mais tu vois, donc il va y avoir 4 ou 5 évaluations, les premières sont très faciles : des étudiants qui sont très travailleurs vont gagner des points, là. Par contre, le dernier DS, je peux me permettre de faire quelque chose qui va loin, ou y'aura peut-être que 8 ou 9 de moyenne, mais c'est pas grave : ceux qui ont travaillé avant, ils peuvent... c'est pas sans filet, quoi ! Quand on est dans un module où y'a que le DS final, quand tu essaies de faire ça, si tu fais la moindre erreur, t'as une moyenne minable sur la classe : c'est très dévalorisant... et là je m'en rends compte avec les étudiants ingénieurs, **quand y'a une moyenne qui est terriblement basse, ils se sentent vraiment dévalorisés**, ils le prennent vraiment...euh... pour des prépas (bon parce que tu sens qu'ils ont quand-même énormément investis pendant les 2 années de prépa), et si ils se prennent une tête en maths, ils se considèrent, ils se disent "putain, je suis nul quoi !" Et ça, ça dégrade euh... la relation avec les étudiants, donc j'essaie d'avoir ce truc-là. J'ai l'impression que je ne perds pas en qualité à la fin, parce qu'à la fin je mets vraiment des exigences hautes, mais en partant d'assez bas... je fais bien attention à la pente... **je pense que c'est la pente qui est intéressante !**

21:03 Et du coup les spécificités de ton enseignement relativement au fait que tu enseignes à des futurs ingénieurs plutôt qu'à des matheux ou autre...

21:23 La différence, c'est que ça amplifie encore le **phénomène d'hétérogénéité**. Donc moi j'ai toujours considéré que c'était le gros problème de l'enseignement supérieur, c'est que, à partir des années 2000 il y a plus... c'est plus les mecs qui sortent du même bac et qui ont le même bagage, quoi... y'a tellement de parcours différents que y'a pas deux étudiants auxquels tu peux appliquer la même méthode. Il faut individualiser les choses. Or c'est très difficile d'individualiser parce que on a beaucoup de boulot, c'est très chronophage et puis tu... il faut le temps d'évaluer pour individualiser. Et ça, **on n'a pas le temps**. Donc c'est pour ça que là-dessus, je m'appuie beaucoup sur moodle. Et moi **je fais pas avec moodle des choses comment dire, euh... sur les TICE, pour aller à l'encontre du CM** (parce que souvent j'entends ça). **Pour moi, le CM c'est vraiment le bon outil pour passer des informations**, c'est juste qu'il y en a un certain nombre d'étudiants qui du fait de

l'hétérogénéité de leurs formations, ils ont pas l'outils pour comprendre quand ça va trop vite, pour comprendre l'écrit. Ils ont des problèmes avec l'écrit : par exemple moi **je fais toujours un poly, donc un poly extrêmement dense**. Je suis très opposé au résumé euh... où les étudiants ont juste droit à un résumé au DS. Moi y'a **le poly autorisé**. Mais le poly extrêmement dense. Et pour moi, un étudiant qui n'a pas bossé, il ne trouvera jamais, même si je pose une question de cours, il ne la trouvera pas dans le poly. Parce qu'il faut le comprendre pour répondre... la question de cours elle est un peu cachée dans les questions. Je ne mets pas... j'aime pas ce truc de la question de cours que tu recraches... à un moment on a fait ça et... Les types me recrachaient des questions de cours parfaitement et dans l'application derrière, elle est... vraiment tu te dis "oui, vraiment c'est recopié sigle par sigle, il l'a appris par coeur, lettre par lettre, mais il n'en a rien retenu !" Donc j'essaie de donner tout un tas d'outils pour qu'ils arrivent à **s'autonomiser et à travailler utilement avec les vrais outils que sont le poly ou le cours magistral** quoi. Pour moi, **dispenser des informations de manière magistral, c'est important qu'ils acquièrent cette compétence-là**. En fait, c'est pas un mode, c'est une compétence que je leur donne, parce que là aussi, je me dis (c'est la culture DUT) j'ai été énormément en entreprise faire des suivis de stage tous les ans. Et donc euh, j'ai toujours été au contact **des maîtres de stage des entreprises qui te disent "oui, cet étudiant il est vif, il comprend vite, tout ça !" Et bien tu vois bien que c'est des compétences qui relèvent de l'apprentissage par la méthode magistrale**. Et quand t'as un étudiant qui est bien adapté à ça, le type en entreprise qui a le dossier, il dit **"ça c'est un bon mec d'entreprise, il a bien été formé !" Alors que quand tu as quelqu'un qui au contraire refuse le cours magistral et qui veut que qu'on l'aide, dans l'entreprise, le mec te dit "mais non, faut que je sois tout le temps derrière lui, c'est pas possible !"**

23:58 Là tu penses, à la limite c'est presque contradictoire, que les TD ou les TP ne sont pas ce qui vont le plus permettre à un étudiant...

24:09 Je pense qu'il faut de tout ! Et donc moi, pour l'autonomisation, en fait ce que j'ai principalement développé ces trois dernières années, par rapport au public d'ingénieur, c'est que toutes les choses qui sont techniques, qu'il faut maîtriser mais dans lesquelles, quand on est en école d'ingénieur on a moins le temps, de temps à y passer qu'en DUT. Donc il fallait que je supprime ça, un petit peu de mes TD pour faire des choses un peu plus lourdes, parce que le public prépa est plus exigeant, donc il attend aussi un peu plus de densité. Donc tout ce qui technique comme ça, je fais énormément de vidéos, qui sont pour moi, c'est les techniques de bases. Donc euh... c'est parsemé dans le cours, c'est parsemé dans le poly., c'est parsemé dans le TD...

24:46 Exemple ?

24:49 Voilà, je dis juste, "Ça c'est une **méthode de base** ! Donc si vous ne la comprenez pas il faut la reprendre !" Et donc elles sont en vidéos...

24:54 Quelles méthodes par exemple ?

24:57 Bah voilà, la **méthode de Gauss**, je reprends...

24:59 Une **intégration par parties**, j'imagine ?

25:01 Une **intégration par parties**, voilà... alors tout ce qui est calcul d'intégrales comme ça... et en plus c'est choses que tu peux décomposer en toutes petites briques, très simples "**Changement de variable**", machin... voilà ! Tu donnes un exercice-type, un ou deux, s'ils l'ont pas compris ils retournent sur cet exemple. Les étudiants m'expliquent que, oui bah ils suivent la vidéo, ils l'arrêtent, ils retournent en arrière jusqu'à ce qu'ils comprennent et tout...

Après, en général, c'est des exercices que tu retrouves dans ces évaluations simples que je fais.. donc après ils essayent de le refaire mais avec une correction manuscrite. Donc là ils passent, je dirais, de l'interaction presque normale de l'enseignant en TD sauf c'est une vidéo qui leur permet d'ajuster à leur rythme, et puis là ils le refont par écrit... pour moi **ils gagnent en compétences parce qu'ils passent de la compétence "c'est quelqu'un qui me transmet" à "c'est moi qui apprend sur le papier" ! Et après ils se débrouillent tous seuls.** Et c'est ça que j'essaye de faire, par contre il faut générer énormément de... des masses de documents quoi !

25:55 Oui, et après, la place la théorie la dedans ? Est-ce que les fais travailler des démonstrations de théorèmes, par exemple ?

26:05 Alors c'est... Ça c'est le truc en école d'ingénieurs, alors je viens de l'IUT en plus, ça c'est très difficile. Et ce que j'essaye, c'est de réintroduire la théorie par, je dirais, par l'application... En fait... plus euh... alors si j'prend, l'exemple où j'ai le plus poussé parce que c'était un module de cours que j'avais commencé en DUT, qui était très spécifique, qui était un module de traitement d'image. Donc il fallait qu'on fasse du traitement du signal en DUT. Ce qui est très très ambitieux... Alors évidemment, on n'allait pas trop trop loin... mais comme c'était un cours appliqué et qu'on avait un outil de calcul numérique à côté pour faire des exemples, je me suis moi-même plongé dans le truc. Alors pour moi c'était bien, parce que pour moi qui n'a fait que de la théorie, je me suis mis à apprendre du traitement du signal, du traitement d'image, à l'implémenter moi-même... Ça avait quelque chose de très bien, c'est que je me sortais de ma zone de confort et je me confrontais quelque part aux mêmes difficultés qu'ont les étudiants qui sont des informaticiens qui au bout d'un an ont déjà un très bon niveau, et qui doivent se confronter aux maths avec lesquelles ils ne sont pas à l'aise.

Ça fait un truc, je n'ai pas eu le temps d'en parler, mais je pense que c'est hyper important, quand t'es un matheux, dans quelque domaine que ce soit, de sortir de son domaine, et de dire je veux me former, me confronter aux mêmes difficultés que l'étudiant. Bon, je l'ai poussé très loin parce que j'ai fini par écrire un bouquin sur Scilab, donc si tu veux... mais c'est vraiment, je me suis forcé à me mettre dans une situation où je ne connaissais pas bien les choses, «je vais me forcer par moi-même », ou je faisais les mêmes erreurs que les étudiants, c'est-à-dire que quand j'ai envie de faire un truc qui marche, je vais chercher sur Internet, Je vais essayer d'aller au plus court, même si je ne comprends pas je vais faire comme ça. Puis après, moi j'ai de la chance, j'ai un énorme bagage derrière ! Donc après je vais pouvoir dérouler le truc et me dire «ah oui mais, voilà pourquoi cette ressource-là, moi elle m'a aidé rapidement, et voilà pourquoi mon cours moi il n'aide pas les étudiants !», C'est fortement imbriqué avec ça tu vois...

27:59 Tout à l'heure tu me parlais de collaboration, en tout cas de retours de milieux professionnels, du milieu de l'entreprise. Est-ce que c'est quelque chose qui est du à toi, ou est-ce que c'est ta position dans l'école et à tes activités ? Ou alors est-ce que tu as une collaboration ou des échanges systématiques avec les professionnels et aussi avec tes collègues autres que matheux ?

28:22 Alors, sur le professionnels, en DUT c'était une obligation parce qu'on suivait tous au moins cinq stages : on avait une centaine d'étudiants, on est 20 25 enseignants, donc, il fallait ensuivre cinq et participer à 10 soutenances. Moi je trouvais que c'est un truc super car ça t'oblige à voir l'étudiant autrement, ça t'oblige à aller le voir dans le milieu professionnel, et là on voit quel est l'impact des mathématiques pas que... bon tu vois je suis

très sur le côté technique d'apprendre les maths, mais je dis que quand on fait ça, on apprend la rigueur aux étudiants, et après quand on les retrouve dans le milieu professionnel, on voit aussi la rigueur qu'on leur a donnée, faire le travail proprement, carré ; que ce soit lisible par quelqu'un d'autre... Bah ça on voit que ça a un impact ! Et euh les étudiants le reconnaissent, ils disent "oui, ça ça m'a formé !". Donc, on dit souvent que les maths sont inutiles mais les étudiants sont les premiers à dire que finalement, quand c'est bien fait comme ça, quand c'est pas vécu comme une souffrance par eux, bah ça a un vrai impact. Après ça, au niveau professionnel, c'était obligé, et euh... pour moi ça m'apportait beaucoup.

Au niveau des collègues, bah euh... c'était voulu. Moi j'avais envie de le faire, j'avais pas envie de rester enfermé dans mon truc... et puis comme j'avais l'esprit un peu curieux, euh... en plus, bon moi j'avais fait une thèse en maths, vraiment maths pures et je me suis retrouvé dans un département info. Et moi j'ai trouvé que c'était l'occasion pour moi de progresser sur un domaine où j'étais pas formé...

29:44 Du coup, comment ça se passe concrètement ? Il y a des cours qui sont co-écrits ?

29:48 Alors euh... le principe... pas vraiment co-écrit, mais on avait monté une filière imagerie numérique donc, où là on échangeait totalement, c'est-à-dire que là on était les deux principaux intervenants, on était dans le même bureau quand on a monté le truc ! Donc moi je lui disais ce que je préparais, lui il me disait ça... des fois on s'échangeait des idées, il me disait "si tu veux, moi je ne peux pas faire ce TP là en info, mais peut-être que ça peut te donner une idée pour les maths", etc. on échangeait beaucoup comme ça !

Mais sinon, le contenu des cours après, c'est comme ça s'est bien passé aussi, ça se faisait **très en confiance avec les autres collègues**. Par exemple, j'ai fait de l'arithmétique pour la crypto, les gens me disaient ce que eux ils avaient envie de faire, et puis moi je proposais un truc, il le faisaient et ils disaient, "oui, c'est très bien, ça va dans le sens culturel... la technique tout c'est bon..."

30:32 Et eux n'avaient pas besoin de revenir après, de remettre à leur sauce ce que tu avais enseigné ?

30:39 Jamais ! Après euh... j'te dirais aussi qu'il n'y a pas toujours l'investissement équivalente en face... mais en même temps les gens me faisaient confiance ! Après comme je te dis, tu trouves un collègue qui lui, est prêt à s'investir, à regarder vraiment ce que tu fais : là ça va. Mais si les autres te font confiance, c'est déjà intéressant... mais c'est sûr qu'il n'y a pas tant que ça d'échanges entre les... y'a un gros croisement quand-même...

31:06 Notamment, ce qu'on remarque c'est la différence d'usage des notations par exemple en physique et en maths... Alors est-ce que toi tu orientes déjà ton cours à ce niveau-là ou pas ?

31:31 Ouais, et puis en fait des fois tu te rends compte que c'est un peu la boîte noire chez eux, qu'ils savent même pas ce qu'ils font entre collègues ! Je te prends un exemple anecdotique : c'est la transformée de Fourier, moi j'ai toujours travaillé en "exponentielle moins $i x k$ ", et les gens qui font du traitement du signal en général ils mettent 2π dans l'exponentielle... donc j'ai refait tout mon cours en prenant 2π ! Et en fait, j'ai appris que le mec qui faisait le cours de traitement du signal, il prenait pas cette convention-là et c'était le seul !! Donc entre eux, ils ne communiquent même pas, donc si tu veux j'ai pas de problème par rapport à ça ! Moi, je l'ai fait comme ça, mais moi j'ai souvent une... j'en parle avance les étudiants, c'est-à-dire que j'essaie d'introduire un minimum de trucs culturels dans le CM... Ça peut être soit par rapport aux applications, par exemple, quand je fais le cours de

traitement du signal, je l'illustre avec des questions de traitement d'images, parce que bon j'ai dû le faire par moi-même, je connais un peu le truc, et puis ça leur donne un support ! D'ailleurs, y'avait des étudiants de DUT qui ont fait une école d'ingénieurs après, ils m'ont tous dit "le fait d'avoir vu en parallèle le traitement d'image et les maths attenantes en DUT, nous c'est le traitement d'images qui nous a servi à comprendre les maths et après, un fois qu'on a mieux compris les maths on l'a réutilisé..." Donc, il faut faire les chose, et moi je dis toujours aux étudiants "*Bon, voilà comment moi je présente en maths, les physiciens ou les informaticiens, ils vont plutôt l'écrire comme ça, bon, vous voyez c'est un peu la même chose ! Les propriétés sont les mêmes, donc intéressez-vous qu'aux propriétés qualitatives, après numériquement, y'a des petites différences de constantes, de formules, mais elles ont le même sens !*"

Donc c'est pour ça que c'est ça aussi qui donne euh, peut-être plus que l'écriture de démonstrations, c'est ça qui donne le recul qui fait qu'on fait vraiment des maths quoi ! A un moment tu expliques que voilà "*la convolution, ça lisse les données, tu augmentes la régularité*", **tu le montres par certains théorèmes, mais c'est plus comprendre "oui, en quoi est-ce que ça augmente la régularité d'un signal ?" ...**

33:29 Et c'est pas en faisant la démonstration du théorème que ça va...

33:31 C'est un peu ! Je fais des démonstrations, j'en mets partout, mais en même temps la démonstration elle est souvent très technique, et c'est souvent une technique calculatoire qui fait montrer le truc... tu vois, par exemple, pour tout ce qui est, c'est choses-là sur **la convolution de Fourier, c'est dérivation sous le signe somme**. Donc y'a un moment où ça j'ai fait la démonstration, je montre que ça vient de loin, mais après je dis "*ça c'est une boîte noire, c'est celle-là qu'on va utiliser !*". Donc après...

33:55 Et tu exiges que les étudiants retiennent cette démonstration ou c'est juste pour illustrer ?

33:59 Alors quand je fais une démonstration, en général, c'est que après elle est réutilisée par exemple, "**réutiliser le théorème de dérivation sous le signe somme**", ça se fait un peu partout. Maintenant, dans cette démonstration, y'a des éléments qu'on retrouve partout : le fait qu'on va **majorer, comment on va faire pour majorer ?** Qu'on va découper les termes,... donc voilà, **la technique est imbriquée dans la théorie !** Je sais que c'est trop leur demander que de retenir en entier une démonstration ! Que ça demande un effort énorme et qu'il sera **déconnecté de l'utilisation**. Mais ce que je veux qu'ils comprennent c'est qu'il y a des principes, qui sont les principes de majorer, voilà. Et ça, à mon avis, c'est les principes de majoration, c'est compliqué quoi ! Et ça demande un haut niveau de compréhension mathématique. C'est peut-être pas vraiment une démonstration au sens rigoureux, mais après il faut expliquer pourquoi est-ce que c'est majoré par ça. Et ça tu le retrouves partout, dans tous les modules de maths. Donc j'ai tendance à me concentrer là-dessus, ça peut paraître technique, mais je pense que c'est quelque chose qui demande du recul en fait !

34:56 Pour terminer cette deuxième partie, est-ce que tu as des constats généraux sur l'enseignement et l'apprentissage des maths pour tes élèves ? Est-ce que tu remarques des lacunes récurrentes, à certains niveaux ? Des manques de motivation ou au contraire une très grande motivation pour les maths ? Et les différences entre les profils d'étudiants, même si on en a déjà un peu parlé ? Et peut-être un idéal vers lequel tu aimerais tendre ?

35:29 Le problème de base, c'est qu'on voit bien qu'ils ont perdu la technique parce que on a réduit le volume horaire alloué dans les classes plus basses...

35:39 Tu parles d'avant le bac ?

35:40 Oui, toute la **technicité, bah parenthèser, voilà... manipuler les signes...** y'a énormément d'erreurs qui viennent de là et ils reproduisent sans comprendre les règles simples, donc c'est un problème de rigueur. Et ça ça peut se compenser que par un entraînement technique ! J'aime beaucoup la métaphore sportive parce que je fais beaucoup de sport, mais voilà, dans tous les sports y'a une composante technique : tu l'apprends, c'est... ou en musique : tu fais du solfège, c'est très dur ! Tu répètes la même chose, c'est pas parce que t'es bon en solfège que tu sera Mozart, mais Mozart devait être bon en solfège voilà ! Et ça, **quand on doit le rattraper, en même temps qu'on essaye de comprendre des concepts plus compliqués, ça explose !** Alors y'en a quelques uns, ils ont encore la caisse derrière pour faire les deux en même temps, ils arrivent à rattraper ! Ils ne sont pas moins intelligents qu'avant, mais ça **c'est la grosses difficulté...**

Et puis je pense aussi qu'il y a un spectre de plus en plus large de choses à connaître, donc euh... au niveau scientifique déjà, mais quand tu regardes les ingénieurs, à la composante scientifique va se rajouter tout ce qui est lié au SH, c'est-à-dire que **le niveau de langue est beaucoup plus élevé dans ce qu'on demande.** Il faut vraiment être à l'aise en anglais. Il faut vraiment pouvoir parler en anglais ! **La composante éco-gestion-management, c'est énorme :** on demande que les étudiants s'investissent sur des questions d'entrepreneuriat... c'est vraiment un très gros bagage ! C'est pas rien ce qu'ils font dedans : du marketing,... je les vois organiser des événements (parce qu'il y a beaucoup de projets management à l'[ECOLEPASCAL]) c'est pas rien ce qu'ils font ! Ils doivent sauter sans arrêt du coq à l'âne, d'un truc à l'autre !

Troisième truc, j'ai l'impression qu'on a comprimé les modules sur des durées qui sont... c'est pas tant le manque d'heures que... **le manque d'étalement dans le temps !** Tu vois, pour faire du pain, tu pétris ton pain, mais après il faut laisser reposer la pâte... On essaye de faire des ingénieurs sans jamais faire reposer la pâte ! Le module commence, et des fois il doit être fini en 5 semaines ! À 50h, ça fait 10h par semaines, où est-ce qu'ils trouvent le temps pour infuser ! C'est pas possible ! Là, cette année, il y a un module qui ne se passe qu'en TP, de calcul numérique, y'avait 7 séances de TP qui sont 1h CM/3h TP : les deux dernières années, j'en avais une par semaines pendant 7 semaines d'affilée ! On fait "Théorème de Lax", on fait tout ce qui concerne l'algèbre linéaire, tout ce qui concerne les méthodes itératives, les calculs de valeurs propres, les polynômes, les équations différentielles ! Pfiou ! Ça va vite quoi ! Bon là, cette année, j'ai réussi à le faire parce qu'ils avaient des problèmes d'organisation : y'a une partie théorique au début, puis y'a deux premières séances de TP, puis après y'a 1 mois, puis après y'a deux autres séances de TP, puis les 3 dernières. Eh bah je pense ça a eu plus le temps d'infuser, là ! C'est mieux ! Mais c'est très compliqué d'avoir ça !

Donc ouais, y'a ce phénomène de compression : **l'année commence trop tard, elle finit trop tôt.** En même temps y'a les concours, l'été est pris... je ne sais pas... Et en même temps quand on demande de descendre les maquettes, on ne sait pas où trouver les heures non plus... j'ai pas de solution là-dessus ! Je dois avouer !

Le seul truc que j'essaie de faire donc c'est l'autonomisation des étudiants. Donc ça passe obligatoirement par les TICE, donc pour moi, j'essaie qu'ils aient le matériel à côté pour combler ce qu'ils n'arrivent pas à comprendre d'une certaine manière. Donc là, j'essaie maintenant de créer des **QCM auto-correctifs**, pour deux raisons : ça me permet de rajouter une évaluation que je ne corrige pas : alors il faut trouver le sujet adapté pour que le

QCM ça ait vraiment un sens et que ça les fasse vraiment progresser. C'est possible, par contre ça demande euh... **c'est des machins que j'ai réfléchi sur 5 ans**, avec une stratégie, parce que y'a du développement informatique derrière (ça c'est parce que j'ai pu apprendre de l'informatique donc j'arrive à créer de manière un peu automatique beaucoup de questions qui se ressemblent, puis après les assembler pour faire un truc dans moodle), et ça permet aux étudiants de retester plusieurs fois le QCM avec des questions qui se ressemblent mais qui ne sont jamais les mêmes. Donc ils sont obligés de comprendre... ça marche bien sur des petites briques, tu vois, genre : en analyse "est-ce que cette série est convergente ou divergente ?", tu vois ? Avec des feedbacks qui peuvent leur dire quand ils se trompent "t'as pas pensé... ici c'est Riemann, non ici c'est une série alternée, machin !" Donc ça, ça peut marcher et ça leur fait travailler un truc par eux-même, et sans prendre trop d'heures sur le TD quoi ! Mais ouais ça demande... il faut développer de nouveaux trucs comme ça... Et par contre, ce que j'ai envie, c'est pas trop toucher au sacro-saint modèle CM-TD, parce que je pense que c'est vraiment le truc, y compris pour leur avenir professionnel, surtout pour des ingénieurs, je veux que ça soit des gens qui soient capables de comprendre quand un mec explique à 10 ingénieurs ce qu'il veut, sans que le type il n'ait besoin de repasser individuellement dire à chaque personne !

40:35 Et, c'est peut-être plus anecdotique, mais je sais qu'on incite pas mal dans les nouveaux schémas de formation, notamment au niveau du bac, sur la communication orale de ses propres résultats ou de ses propres travaux... Est-ce que tu fais ce genre de choses aussi ?

40:50 Alors déjà, dès l'arrêté de 2005, en DUT y'avait l'obligation qui était écrite de faire évaluer les cours par les étudiants, c'était l'article 26, que tout le monde a refusé d'appliquer ! Donc moi j'étais un des premiers à le faire... Je peux t'assurer que c'était un dossier très chaud, parce que si tu le faisais on te disait un peu que tu foutais le bordel... Je l'ai fait par moodle parce que moodle ça permettait de faire des questionnaires qui sont vraiment anonymes. Et moi je trouvais ça très bien parce que ça me permettait de poser des vraies questions par rapport... j'ai vraiment créé mes questions parce que vraiment je voulais leur poser "*Voilà, je mets des vidéos: qu'est-ce qui est utile pour vous : c'est les vidéos ? c'est les exercices corrigés des années précédentes ? des années présentes ? C'est le poly ?*" Et donc là, tu vois que quand j'insère un nouveau type de ressources, ils vont dessus, il vont dire "*oui celui-là, c'est bien !*" ou au contraire, au début, mes premiers QCM ils disaient que ça ne servait à rien, donc j'e me suis dit qu'il fallait retravailler, c'était pas mûr. J'ai mis plusieurs années à le faire ! Donc ouais, c'était très utile ! Et puis je leur laisse en général un champ d'expression libre,... alors à l'[ECOLEPASCAL] il y a un truc un peu particulier c'est que pour tous les enseignements y'a un bilan à la fin de chaque semestre. Alors, ça fait un peu tribunal, je sais que y'a des enseignants qui ne supportent pas ça... donc normalement t'as un responsable d'année qui est sensé faire le juge arbitre... T'as le représentant des étudiants qui dit "*bah voilà, tel cours on a trouvé que ça s'est bien passé*" ou alors "*tel cours ça s'est pas bien passé*"... ça peut être très valorisant, moi depuis que je suis arrivé à l'[ECOLEPASCAL] franchement, ça se passe bien... tu vois par exemple quand j'ai commencé à faire des vidéos, pour beaucoup de gens c'était anecdotique, et les étudiants ont vraiment dit "*c'est vraiment super, ça nous est très utile, on a besoin que vous en fassiez pour d'autres cours !*". Donc ça peut être un outil de poids pour inciter aussi les supérieurs à dire "*Oui, ça devrait être pris en compte dans les services. On devrait dégager des heures pour ces missions-là.*" Bon, c'est pas toujours facile à faire passer auprès de tout le monde,

mais au moins c'est valorisant ! Bon, je pense que c'est bien aussi d'avoir le questionnaire anonyme sur moodle parce qu'il y a des choses qu'ils n'osent pas des fois passer en public, chez les étudiants...

42:55 Et je pensais autrement à une autre facette : concrètement, est-ce que tu leur fais faire des exposés de leurs travaux en maths ?

43:04 C'est surtout dans le cours de méthodes numériques où c'est que par des compte-rendus. Alors, sinon, pour exposer, alors justement, dans les bilan une fois les étudiants m'ont dit "*quand vous corrigez au tableau, ça va trop vite, et ça serait bien qu'on passe au tableau.*" J'ai répondu à cette demande et maintenant dans la plupart des cours, quand je fais TD, je passe au moins 4 étudiants au tableau, par cours. Donc euh... sur la plupart des exercices, je vais en faire 1 au tableau mais sur les choses qui ressemblent un peu après, je vais envoyer d'autres étudiants le faire. Et du coup, c'est vrai que c'est pas mal, parce que...alors il faut le calibrer..., c'est-à-dire qu'il faut un petit peu, il faut se dire "*bon, celui-là il n'a pas le niveau pour faire cet exercice-là, je vais envoyer un autre...*" et faut savoir bien réagir, que quand l'étudiant est trop planté il faut lui donner l'élément pour qu'il puisse continuer, pour qu'on voit ce qui lui manque. Par contre, des fois on trouve une difficulté, et il faut la gratter, parce que tout le monde l'a en fait... mais c'est pas mal, ouais... **maintenant que je maîtrise bien mon cours... faut vraiment bien maîtriser son cours ! Faut maîtriser son TD euh... vraiment par coeur pour savoir comment on les envoie, et quel calibre, jusqu'où on les pousse...** Y'a des étudiants, en le poussant au tableau, ça les pousse aussi !

44:20 Faut connaître les étudiants aussi !

44:22 Alors, c'est très dur de les connaître, parce que je ne les ai que 40 heures. Mais, donc, j'ai de la chance, ceux qui viennent de BTS et IUT je les ai eus en plus petits groupe en début d'année, donc ceux-là je les connais mieux, j'ai le temps de les faire passer 2 ou 3 fois au tableau pendant le premier semestre. Donc là, je vais les connaître, mais au final, maintenant que je connais le public, j'arrive à pas trop me planter. Bon des fois t'as des choses que tu n'as pas repéré parce que t'as un étudiant qui est aspergé... mais t'as pas fait gaffe parce qu'il a l'air tout à fait normal, mais ouais, bon après faut s'adapter... tu trouves !!

[44:53 Fin de la première partie]

13 juin 2017

[Deuxième partie de l'entretien - Philippe ROUX.]

00:01 J'utilise, si tu es sur le cours d'algèbre linéaire ou de...

00:10 Je suis sur le cours "[Maths du signal élec 1](#)".

00:16 En général j'utilise le forum pour envoyer tous les messages relatifs au cours. En fait au départ, l'idée c'était de pouvoir avoir des interactions aussi avec les étudiants, mais en fait non... soit ils préfèrent interagir directement en venant nous voir dans nos bureaux (comme on est une petite école, peut-être c'est pareil chez vous...), ou envoyer directement un mail. Donc ça, ça ne marche pas du tout. Je m'en sers juste parce que c'est pratique pour envoyer les informations à tout le monde.

Donc, après moi j'ai toujours **un polycopié**, et puis j'utilise beaucoup de **transparents pour faire un CM**. Ça a souvent été une demande des étudiants, de voir ces transparents... donc c'est souvent très proche du polycopié, mais c'est quelque chose de plus compacté, l'idée c'est que eux, ça leur donne un moyen de lire le CM efficacement. C'est comme ça que je vois le CM. Et puis il y a la **fiche d'exercices**.

Tu peux voir en général c'est structuré, je mets un nombre d'heures par chapitre, si tu

regardes... faut se dire qu'on a des séances de 2 heures, donc... y'a un découpage à peu près par séance.

01:27 OK, on va détailler ça sur la dernière partie... mais si tu veux on va d'abord présenter le cours en question... Pour quelle spécialité d'ingénieurs, à quel niveau ? Pour quel type d'enseignement concrètement et quel volume horaire ?

01:52 C'est un cours de **maths du signal**, qui consiste à faire des bases d'**intégrale de Lebesgue** puis à voir des outils comme la **convolution**, **transformation de Fourier**, puis **série de Fourier**. Alors, là c'est la partie spécifique pour les étudiants qui sont en cursus "électronique", donc il y a à la fois les étudiants de classe préparatoire qui n'ont plus fait de maths au premier semestre parce qu'ils ont fait uniquement de la technologie, donc là, ils reprennent des maths au deuxième semestre, et puis les étudiants qui viennent de DUT qui ont fait du rattrapage de maths on va dire au premier semestre et qui là, sont mélangés avec les étudiants de classe préparatoire. Donc ce public est composé de deux types et là, par exemple, cette année, c'était à peu près équivalent en poids. Il devait y avoir une douzaine de de DUT/BTS et 15 ou 16 prépa.

02:44 Pour la 1ère année du cycle ingénieur ?

02:48 Première année ingénieurs, c'est le deuxième semestre. Donc y'a tout ça et en particulier il y a une partie "Théorie des distributions" à la fin. Une fois qu'on a fait "Séries de Fourier" tout ça, on refait les choses, on refait les choses du point de vue "distributions" qu'ils utilisent en théorie du signal. Alors selon les années, comment est organisée la maquette, **il y a un cours de traitement du signal continu qui est plus ou moins à cheval sur mon cours de maths**. Donc si j'arrive un peu tard, Le cours de maths vient expliquer ce qu'ils n'ont pas compris dans le cours de traitement du signal. Si je viens vous assez tôt, ils l'ont un petit peu en avance. En général, ils aiment bien le cours, car le cours de traitement du signal est très dense, et il y a des choses à côté desquelles ils sont passés, ils ne comprennent pas toutes ces histoires de transformée de Fourier quand ils le font dans le cours de traitement du signal continue. Donc nous on le refait bien proprement, et là actuellement ça marche bien, ça fait trois ans que je le fais, ça marche vraiment bien.

03:43 Donc, là ce que tu me présentes, c'est un ensemble de cours magistraux et de TD ?

03:50 Donc c'est là que je vais t'expliquer la structure. Je t'ai montré les documents de base. Là il y a encore la même chose pour la partie théorie des distributions, parce qu'il y a un moment où le cours était découpé en deux, parce qu'il y a une partie qui était commune avec un autre groupe mais on a décidé d'arrêter parce que ça faisait de la complication. J'aime bien avoir l'espace le plus large possible, c'est plus simple pour les étudiants de s'y repérer. Par contre les documents sont encore séparés parce que j'ai fait deux poly, mais ça c'était techniquement sans intérêt.

Donc il doit y avoir **42 heures en tout, donc ça fait 9 CM de 2 heures et le reste en TD**.

04:44 Y'a pas de TP, par exemple ?

04:45 Non, il n'y a pas TP.

04:50 Toujours dans ce cours est-ce que tu pourrais me décrire un petit peu les objectifs ? En particulier qu'est-ce que cette partie peut apporter d'après toi aux étudiants et aux futurs ingénieurs dans leur quotidien, c'est-à-dire sur leur lieu de travail ou dans l'industrie ?

05:09 La partie traitement du signal continu est un cours important pour les électroniciens. Au niveau des attentes, c'est aussi un moyen pour nous de refaire tout un tas de choses au départ sur l'intégrale de Lebesgue. On refait un bilan au niveau intégrale et **on introduit tout un tas de théorèmes qui sont après très utiles aussi dans les cours de probabilités qu'ils vont avoir en 2ème année**. On essaie de jouer sur les deux choses : d'un côté on a **un cours qui est tout de suite utilisable dans la partie traitement du signal continu et en même temps ça permet de travailler des techniques qui vont**

resurgir quand ils feront des probas et où il faudra qu'ils soient bien au point. Le cours de probas aussi il est assez dur.

Par exemple si le cours est décomposé : Il y a quatre contrôles qui sont sur table, qui donc une heure pour les plus petits et 1h30-2h pour les plus gros. Il y a des contrôles simples, par exemple le DS1 et le DS3, c'est des techniques de base toute simple. Donc les contrôles sont assez faciles donc en général il y a une bonne note, c'est-à-dire que les gens qui ont travaillé les exercices types dans le cours vous facilement se donner des points. Par contre **il va falloir qu'ils insistent sur une rédaction claire, bien ordonnée, tout ce qui est hypothèses, conclusion... Et des calculs simples**. Je me souviens les moyennes qui ont été obtenues les années précédentes, souvent ça permet aux étudiants de se repérer par rapport à ce qu'ils ont fait. Quand on commence par un contrôle simple et qu'ils ont une très bonne note, faut pas qu'ils se disent «je suis très bon !», non je suis dans la moyenne de ce que c'est. Ça va se durcir ensuite.

Après il y a les contrôles plus durs, et comme j'ai ces contrôles-là qui me permettent de vérifier l'investissement de l'étudiant et si il a ses **bases**, derrière je peux essayer de viser assez haut. Donc tu vois, il y a des contrôles où la moyenne est autour de 8-9, sachant que dans ses contrôles là il y a vraiment le haut du panier je dirais, qui va arriver très haut, et tu vois la vraie différence avec ceux qui, soit étaient déjà largués sur les premiers contrôles, soit ceux qui sont à la limite et un peu en zone de décrochage.

07:20 Tu parles d'évaluation et justement à-propos, comment tu conçois les sujets ? A partir de quelles ressources ?

07:37 Au départ j'ai vu beaucoup **les exercices des autres**, et puis après... il y a vraiment plusieurs contrôles qui sont vraiment des **exercices-types, c'est-à-dire que c'est toujours un peu le mêmes questions "utiliser le théorème de convergence dominée," "le théorème de convergence monotone", "Calculer une convolution avec des fonctions à support compact")**... Ça c'est des choses que j'ai identifiées au départ comme étant des points où dès que tu veux faire un exercice un peu difficile ils ne vont pas pouvoir rentrer dedans parce qu'ils n'ont pas ces briques-là. Donc ça c'est ce que je mets dans les contrôles simples de départ, et puis après les contrôles terminaux c'est des choses très classiques : j'ai un exercice par exemple, pour la partie "transformation et séries de Fourier", j'ai un exercice qui consiste à calculer une transformée de Fourier et puis en déduire d'autres par les règles de bases. Et puis j'ai un exercice qui consiste à faire l'étude entière d'une série de Fourier avec des questions sur la continuité, les points de discontinuité, qu'est-ce-qu'on peut repérer sur la convergence des séries... Voilà vraiment les...

Quand on regarde de notre point de vue à nous, matheux, on peut se dire que le contrôle sur les transformations et séries de Fourier c'est assez basique, c'est des techniques de base. Sauf que pour eux, y' a une vraie marche à franchir pour comprendre ces exercices-là...

08:54 Ce sont des exercices uniquement sur papier ?

09:00 Ces quatre-là sont sur papier, et à côté de ça, j'ai, donc si tu descends dans la section 4, tu as un QCM de contrôle continu. Il y en a quelques-uns qui apparaissent en grisé, je ne sais pas si tu les vois ?

09:17 DL et DA, oui...

09:19 La première année, j'ai fait un premier **QCM** pour réviser les **développements limités, développements asymptotiques**. Un deuxième sur **les équivalents et les convergences de séries**, et puis un troisième sur **les espaces L_p et convolution**. Alors, comme **les deux premiers étaient notoirement trop faciles pour les CP, mais par contre, très bien adapté aux étudiants de TS**, ces deux QCM ont été déplacés vers l'enseignement d'analyse des candidats venant de DUT et de BTS au premier semestre. C'est pour ça, la je n'ai gardé que celui-là. Ce sont vraiment des questions de bases sur

lesquelles j'ai réussi à construire des questions de QCM, c'est-à-dire que... la question de QCM, le problème c'est tu donnes les réponses, mais il faut être sûr que derrière ça déclenche un vrai travail. Et ceux-là ne sont pas mal faits, c'est-à-dire que les étudiants ont la possibilité de les retenter plusieurs fois et ils ont des feedbacks en fonction de leurs erreurs. Et ça permet réellement, ils m'ont tous dit que ça leur permettait de progresser. Et c'est vrai qu'après quand je fais le cours sur "convolution et transformée de Fourier", je vois qu'ils arrivent bien à comprendre les questions de "*ah oui elle est intégrable !*", "*ah non, elle n'est que L2 !*", "*elle est bornée*", "*ah non, elle n'est pas bornée partout !*", etc. Donc ça c'est des questions importantes sur lesquelles je dirais **il ne faut pas qu'on passe de temps en TD parce que ce sont des choses trop simples. Ce sont des choses qu'ils peuvent acquérir qu'en répétant plusieurs fois l'exercice.**

Mon objectif ce serait d'arriver à développer dans le futur des QCM comme ça où ils puissent progresser par eux-mêmes... quand on fait des QCM trop simples, tout le monde a 10/10 et euh... c'est pas satisfaisant. Là, il y a vraiment des notes de QCM avec des gens dont on voit qu'ils pas assez travaillé où qu'il ne se sont pas assez investis et cette note est corrélée au résultat final.

11:15 [Comment présentes-tu ce cours concrètement aux étudiants ? Sur l'utilisation dans leur futur métier ?](#)

11:30 Dans tous mes cours il y a toujours **une petite introduction au départ pour essayer de motiver en quelques transparents** les étudiants. J'essaye souvent... la question c'est souvent "*à quoi ça sert les maths ?*", souvent j'ai envie de leur répondre, "*Ça sert à rien si vous ne les utilisez pas !*". J'essaye de dire "*Dîtes-vous que ça peut être utilisé, mais c'est vous qui devez être actifs par rapport à ça !*" Donc j'essaye de prendre des **exemples précis qu'après je saupoudre dans le cours** quand ça a un lien avec une formule.

Là si tu regardes le transparent du CM tu verras qu'au départ ça parle un peu **d'astronomie**. Je leur montre des images qui sont réellement prises pas un capteur qui est juste une webcam, donc qui sont de très mauvaise qualité. Tu dois avoir la version "une image pas slide", mais dans la réalité y'a plusieurs images de très mauvaise qualité de la planète Jupiter, et puis je leur dis : "Toutes les techniques du cours c'est celles qui à partir de cette image vont permettre de donner une image très précise où on voit tous les détails de la planète". Donc ça paraît peut-être pas dans la version fixe du...

12:40 [Ça c'est une motivation du cours, mais est-ce que c'est en lien avec... ?](#)

12:45 Ils font du traitement d'image en électronique. En deuxième année, ils font du traitement d'image donc je leur dis, "*moi je vais vous donner tout un tas d'outils ! On va pas forcément voir maintenant que ça permet de faire du traitement d'image, mais dites-vous bien que dans cette exemple...*" qui est extrêmement impressionnant parce qu'on part vraiment d'une image qui est très floue, avec des bandes, enfin on voit la trame et puis je leur dis : "Voilà c'est un petit capteur qui coûte 30€...", donc ça n'a rien d'impressionnant, et puis au final, je leur dis "*Avec des maths on arrive à en extraire un signal où on voit des détails !*" Je leur donne un autre exemple après avec une image qui à la base est floue, c'est-à-dire que l'image a été ratée, il y a au un problème de mise au point ou de suivie... et par une technique de reconvolution qui est une formule qu'on voit un peu plus loin dans le cours, on arrive à remettre cette image nette et faire apparaître les détails qui n'étaient pas visibles au départ. Donc ça c'est pour leur dire "*voilà, dans une image, c'est un signal, il y a de l'information. Cette information, même si elle n'est pas visible au départ parce que il y a du bruit, l'image semble ratée, on a des outils mathématiques pour extraire cette information. Et c'est le principe du traitement du signal !*"

13:55 [Là, tu fais une différence dans ce cours entre les étudiants ?](#)

14:04 Non... déjà, entre prépa on fait quasiment pas de différence. On n'a pas de filière à

l'intérieur. Dès qu'ils ont choisi, qu'ils vont en "électronique, info..."

14:18 Je pense aux TS et prépa...

14:24 Entre les DUT et les prépa, on ne fait plus de différence à partir de ce moment-là. Sachant que c'est pas tout à fait vrai : ils ont eu 100 heures de maths en plus au premier semestre pour se remettre à niveau. Mais la marche est extrêmement importante...

Mais cette année en électronique ça a très bien marché, il y a eu des DUT/BTS qui ont vraiment été au coude à coude avec des meilleurs prépas... mais il y en a toujours quelques uns qui sont complètement largués dans le cours de maths, ça, il en reste toujours quelques-uns...

14:59 Au niveau du contenu, quel est le niveau de détail ou d'abstraction que tu y mets ?
notamment le ratio entre théorie et technique dans le cours ?

15:18 Alors, au niveau du cours, comme je te l'ai dit au départ, il y a 40% de CM et 60% de TD. Dans le TD j'ai envie de dire que moi, le but, c'est que le dernier TD ce soit un TD où on explore des exercices qui sont d'un plus haut niveau. Qui demandent une vision globale. Donc, tous les premiers TD où, suite à des demandes des étudiants, je fais passer les étudiants au tableau. Donc on a des exercices qui se concentrent sur les techniques, sur bien explorer chaque théorème. Donc souvent j'en fait un au tableau et puis après j'envoie les étudiants. Et puis on voit où sont leurs difficultés... on peut se fixer sur un point quand je vois que c'est vraiment... qu'il y a vraiment un point qui est commun à toute la promo où ils ne comprennent pas. Et **souvent le dernier ou les deux derniers TD c'est plus moi qui fait les exercices au tableau parce que là on fait des exercices qui sont des problèmes du dernier DS donc qui demandent plus d'approfondissement, où il y a beaucoup de détails à expliquer.**

Après à l'intérieur du CM, tous les exercices types j'en fais des exemples dans le CM, mais **je fais quand-même pas mal de démonstrations... toutes celles dont j'estime qu'elles expliquent le fonctionnement. J'aime bien quand la démonstration peut être comprise d'abord à un niveau heuristique et puis après on peut descendre à un niveau technique.** Donc si je peux cacher certains niveaux techniques pour plutôt les mettre dans les exercices que je montre après aux étudiants en CM, je le fais comme ça. Mais j'aime bien qu'il y ait un vrai contenu théorique. Et souvent j'aime mettre après quelques exemples, si possible réalistes, d'application. Donc là, comme je t'ai dit dans ce cours-là c'est par rapport au traitement d'images : quand j'ai une formule mathématique qui a une transposition en traitement d'image, j'essaie de l'expliquer, de montrer le résultat.

17:02 Y'a pas un moment dans le cours ou en TP, où ton introduction entre en action, je dirais ?

17:17 Je l'écris dans le CM et les étudiants ont les billes après pour le réutiliser. D'ailleurs, ça peut être source de questions, c'est-à-dire que dans d'autres cours ils vont venir demander, ils vont dire "*Ah oui, est-ce que c'est ça qu'on a vu en maths ? Et qu'on peut l'utiliser dans ce cadre-là ?*" Sachant que pour l'électronique, le traitement d'image, ils le voient plutôt en deuxième année.

17:39 A part papier-crayon, vous n'utilisez pas de logiciel etc. ?

17:53 Dans ce cours-là, **non, parce qu'ils font beaucoup de Matlab dans les autres cours.** Par contre quand **je donne des exemples, ce sont des exemples des fois qui sont un peu documentés qui ont été fait avec Scilab.** Donc ils arrivent à comprendre qu'ils peuvent le faire avec Matlab....

18:08 Et y-a-t'il des outils mathématiques que tu leur donnes, c'est-à-dire des "boîtes noires" auxquelles ils n'ont pas accès au fonctionnement ? Autrement dit qu'elle est le niveau d'abstraction qu'il peut y avoir dans certains outils mathématique utilisés ?

18:26 J'essaie de ne pas trop utiliser de "boîtes noires" justement... C'est vrai que j'explique un petit peu l'intégrale de Lebesgue, et puis le théorème de convergence dominée, même si ma démonstration se fait à un niveau... comme je te dis, **j'insiste surtout sur l'heuristique**, c'est-à-dire "convergence dominée ?", le principe c'est que ça soit simple, c'est qu'à partir du moment où il y a une domination, on a juste à vérifier la continuité... mais je fais ces démonstrations, j'essaie justement de ne pas trop avoir de boîtes notes, alors souvent l'approche que j'ai, c'est de me dire "*si un théorème on l'utilise mais qu'en fait, les 3/4 du temps avec des hypothèses qui sont assez fortes*", je préfère le démontrer sous ces hypothèses fortes et puis après donner le théorème général, mais sans me concentrer dessus. J'aime pas trop les boîtes noires parce que je trouve qu'il n'en reste pas grand chose derrière...

19:17 Et toi, tes attentes vis-à-vis des étudiants sur les démonstrations que tu fais ?

19:30 Ce que j'aime bien c'est vérifier que a posteriori quand on donne un résultat, y'a une **compréhension des hypothèses de départ**. Pour moi le genre d'exercices où il peut y avoir des commentaires intéressants de la part des étudiants, c'est-à-dire que quand j'ai des **séries de Fourier par exemple**, je leur pose a posteriori la question "*qu'est-ce qu'on peut dire de la convergence, de la continuité ou du caractère C^1 de cette fonction en regardant sa série de Fourier ?*" Là, ça les oblige à réinvestir sur des théorèmes qui sont un petit peu séparés, voir "*Est-ce qu'il y a une convergence absolue ?*", auquel cas c'est bien continu, et "*quand je dérive, après, la dérivation sous le signe somme, donc je perds un petit peu de vitesse de décroissance, donc là je vois que le théorème de continuité ne s'applique pas, donc c'est normal puisque la fonction de départ effectivement elle a des points de discontinuité...*" Donc là, j'aime bien ce genre de discussion a posteriori sur un résultat...

20:21 Plutôt que des attentes en terme d'apprentissage des démonstrations ou des choses comme ça...

20:28 Après, ce que j'aime bien c'est la structuration de certaines démonstrations-types. C'est-à-dire que on vérifie qu'on a bien les hypothèses, donc qu'on peut appliquer ce théorème là. Tu vois, **par exemple, pour le problème de Dirichlet** : Le théorème de Dirichlet, au début que j'ai commencé à enseigner cette partie c'était extrêmement dur, pourtant ça paraît rien. Je veux dire, c'est juste qu'on a cette formule de séries et puis on essaye d'en déduire un résultat ponctuel... mais, ils n'arrivaient absolument pas à sortir, alors que tout est décrit dans le texte, y'a quasiment rien à faire, ça semblait être un échelon insurmontable. Donc je me suis dit qu'il y avait vraiment quelque chose à faire à la **compréhension des hypothèses**. C'est pas rien, **il faut trouver un moyen de le révérifier, quitte à le révérifier a posteriori**.

21:10 OK. Tu as commencé par ça, mais peux-tu représenter les supports utilisés ? Slides, photocopiés ?

21:20 Voilà, donc y'a un poly. Pour moi, **le but c'est qu'ils soient capables de lire à la fin du cours un poly**. Qu'ils progressent à ce niveau-là, parce que c'est un point de faiblesse qu'ils ont. Donc ils ont le poly, ils ont les transparents du cours et ils ont une fiche de TD. Par contre, sur l'espace moodle, pour chaque chapitre du cours, si tu regardes les onglets, à partir de 5 à 6, donc à chaque fois **tout ce qui est exercices-types, tu vas retrouver des exercices corrigés en vidéo**. Alors ça peut être des exercices qui sont directement présents dans la fiche de TD, en général c'est pour les premières vidéos que j'ai faites, c'était des exercices qui étaient dans la fiche de TD. Puis après j'en ai refais d'autres qui sont plus tirés du photocopié du cours.

Donc, ça on va dire que ces exercices-types-là on retrouve un exemple au moins qui est fait pendant le cours magistral. **On retrouve des exercices répétitifs dans la fiche de TD**, où **je ne fais pas tous les exercices en TD**, mais, je ne sais pas, s'il y en a 6, on va en faire 3

ou 4 pendant le TD, sachant qu'il en reste d'autres. Et pour les étudiants pour lesquels ça va trop vite, ils sont incités à aller reprendre ces exercices en regardant ces vidéos.

22:30 En terme de communication et collaboration entre les étudiants en mathématiques : quelles sont tes attentes ?

22:46 La structure du fait qu'il y ait des BTS, DUT et des classes prépas, ça fait qu'on a deux publics qui ont des points forts différents. Donc, ce qu'on espère dans nos groupes, et ce qui se passe en général, c'est que les techniciens supérieurs ils appuient des gens qui viennent de classe prépa sur la technologie, parce que ils l'ont déjà fait beaucoup en DUT, donc ils connaissent, donc ils peuvent les aider. Et de l'autre côté, les prépas, quand ils se mettent en groupe, **souvent ils vont se mettre en binôme** avec un DUT/BTS et ils vont aussi les aider au niveau mathématique. On ne peut pas mieux comprendre le cours qu'en l'expliquant à d'autres... Donc il y a souvent **un effet important de travail collaboratif entre les étudiants**. Et avec ces ressources-là ça les aide aussi à construire leur travail collaboratif.

23:34 Dernière chose, on a parlé de l'évaluation. Mais comment est fabriqué le programme ? Par qui ? Dans quel esprit ? Avec quelles ressources ? Comment ont été évalués les besoins ?

24:05 Moi, ça fait trois ans que je suis arrivé à l'[ECOLEPASCAL], je me suis **avant tout basé sur ce qu'ont fait mes collègues**. Donc j'ai dû mettre, ce que j'ai mis dans les ressources, j'ai dû mettre le livre de mon collègue. Parce que mon collègue a synthétisé son cours dans un livre que tu retrouveras dans le premier onglet "Documents pour analyse de Fourier".

Sinon, **je me base sur les cours que moi j'ai eus à la fac**. Je trouve que quand on les relis 20 ans après, on se dit "*tiens mais y'a plein de choses que j'avais oubliées et qui étaient déjà présentes dans ces cours...*" et des fois je me dis que ça paraissait désuet, mais en fait, non, ça peut se redigérer, se remettre dans le cours. Y'a des choses... voilà je me sers de ça et sinon, **ma plus grosse source d'inspiration c'est de chercher sur internet ce que font les autres enseignants**, et de lire. Donc **je lis les fiches de TD**, je lis les cours, et je regarde les points sur lesquels ils semblent appuyer par rapport à moi.

Les besoins, ils ont été **définis à l'école [ECOLEPASCAL]**. Comme ça fait que 3 ans que je suis arrivé, j'ai pas assisté à une redéfinition des objectifs.

25:39 C'est géré par des collègues qui se réunissent ?

25:45 Quand y'a des **changements de maquette, y'a des discussions entre, je dirais le pool des enseignants mathématiques et puis les divers pools technologiques** sur ce dont ils ont besoin. Après, je commence... maintenant ça fait 3 ans, donc je parle en fin d'année, souvent juste avant les jurys, **on regarde quand-même qu'est-ce qui a marché dans les cours de technologie, et on fait le lien avec ce qu'on a fait en maths**. Pour l'instant, ils sont assez satisfaits, c'est juste souvent de problème de timing, comme je t'ai dit, que mon cours n'arrive pas au bon moment par rapport au cours de traitement du signal continu et ça, c'est un peu dommage. Par contre, comme y'a des rattrapages, ils se peut qu'ils aient eu une mauvaise note quand ils ont fait le module, mais qu'après avoir fait les maths, en rattrapage, ça rattrape effectivement.

26:30 Là, ont vraiment bien décrit dans le détail... pour la suite, on se tient au courant...

27:12 Je te rajoute juste un truc ! J'ai oublié de te décrire un onglet. A la fin y'a un onglet "évaluation du cours". Il est assez peu utilisé par les étudiants, parce que nous avons des **bilans semestriels qui sont faits avec les étudiants**. On se réunit dans une salle ils nous disent leur ressenti sur tous les cours. Donc on a des bilans où on se réunit avec eux pour explorer. Mais des fois, ils aiment bien quand-même y répondre parce que comme c'est

anonyme, ils peuvent donner un point de vue ou des questions très précises...

27:59 Tu m'avais effectivement parlé de cet espèce de "conseil" qui est fait dans la première partie de l'entretien....

[FIN]

Patrice
15 mai 2017

00:31 Je te présente rapidement la grille d'entretien. Ca va se passer en 3 parties. La première très rapide sur des renseignements personnels et le contexte professionnel. Après, tes perspectives sur les mathématiques : constats ? Attentes ? Et enfin on parlera d'un enseignement particulier.

01:08 Pour la première partie, peux-tu te présenter rapidement ?

01:20 Patrice, j'ai **55 ans**, je suis **enseignant chercheur depuis 1992** à l'école de Physique et Chimie de Bordeaux d'abord. J'ai été nommé professeur des Universités à Bordeaux I en 1999, et je suis venu ici sur **mutation en 2000**.

J'enseigne essentiellement la **Physico-Chimie colloïdale**, on trouve ce domaine d'activité dans toute la chimie dès qu'on veut transformer une molécule en quelque chose d'un produit fini, en fait. Pour l'utilisateur lambda, ou pour un industriel, on passe souvent par une transformation qui consiste à mettre un peu en forme. Donc c'est un peu l'art du mélange et du contrôle de ces mélanges. Notamment quand il s'agit de maintenir en contact deux phases qui sont pas solubles l'une vis-à-vis de l'autre : un état solide dans un liquide ou une émulsion c'est-à-dire un liquide dans un autre liquide (de l'huile dans de l'eau, ou de l'huile dans du vinaigre pour des émulsions alimentaires si on veut).

Donc euh... alors ?

02:54 Ta formation et spécialement ta formation d'enseignant le cas échéant ?

03:01 Non ! Aucune formation spécifique d'enseignant. Je fais partie "des vieux" maintenant à 55 ans ! Je suis d'ailleurs un des plus vieux de l'établissement...

J'ai un **bac E** de l'époque et mon idée quand je suis arrivé en 3ème c'est que j'avais envie de faire du technique et des sciences aussi. Donc j'ai fait beaucoup d'ateliers mécaniques, du dessin technique. J'étais plus attiré à l'époque par l'électronique mais les perspectives en tant que baccalauréat ne me plaisaient pas trop. C'était un peu trop "sortie rapide" en fait sur le marché du travail. Donc bac E et en fin de terminale, dans les 6 mois qui précédaient, mes parents ont dû déménager vers Aix-en-Provence, donc je me suis demandé ce que j'allais faire. J'ai vu qu'il y avait une prépa (je ne sais pas ce que c'était comme prépa), prépa P, je ne sais pas... j'ai candidaté. J'avais candidaté sur un autre type de prépa aussi. Je ne l'ai pas eue... **J'ai fait 3 ans de prépa**, j'ai été 5/2 parce que le concours que j'ai eu en 3/2 ne me plaisait pas. Je crois que c'était "Chimie Lille". J'avais pas envie d'y aller. Ça m'a permis d'avoir l'autorisation de redoubler parce que nos enseignants autorisaient pas l'année supplémentaire en math spé si y'avait pas une accessibilité orale à un concours. J'ai pu faire une deuxième maths spé et là j'ai candidaté sur "Chimie Centre" (à l'époque ça s'appelait comme ça) [aujourd'hui c'est "Chimie Paris", ndlr]. Je voulais "Physique et Chimie Paris" [aujourd'hui l'ESPCI, ndlr], mais je n'étais pas assez proche dans le classement de tête pour l'avoir.

De maths sup et maths spé je suis resté avec un intérêt énorme pour les maths. Mais alors les maths appliquées ! Pour moi, j'avais quand-même pas mal de difficultés à voir la beauté des maths quand y'avait pas un lien avec la physique très concrètement, ou la chimie. Donc je suis resté comme ça, toujours avec une volonté d'aller plus loin dès que j'en avais l'occasion.

Donc j'ai fait "Chimie Paris", y'a fait beaucoup de Physico-chimie, donc j'ai été très heureux de ce point de vue-là, parce que y'avait des cours de physique, des cours de chimie, beaucoup de thermo à haut niveau, et puis **des liens avec les maths...** l'informatique aussi qui me plaisait bien à l'époque.

07:09 Peux-tu préciser les enseignements que tu dispenses actuellement ?

07:22 J'interviens à tous les niveaux de la formation d'ingénieur chimiste : **1ère, 2ème et 3ème année**. En 1ère année j'ai très peu d'heures en fait, j'interviens sur une introduction des milieux colloïdaux, en chimie et dans l'industrie. **En 2ème année j'ai plus d'heures, en tronc commun des élèves ingénieurs, donc avant leur spécialisation**. Et un nombre d'heures non négligeable disons, après leur spécialisation en 2ème année. L'essentiel de mes enseignements magistraux en fait, se fait en 3ème année. Je faisais des cours en master il y a quelques années, puis j'ai abandonné devant le manque d'intérêt des étudiants.

08:15 Justement, tu parlais de cours magistraux... quel est le type d'enseignement le plus courant que tu pratiques ?

08:24 **TD est interdit dans l'établissement** quand on est dans le cycle ingénieur ! Le directeur les a imposés dans la partie cours magistraux en indiquant que **sur 12 heures de cours, il y avait forcément 3 heures de TD** : 3 heures qui étaient payées dans les cours magistraux/TD, et après "*comme enseignant on faisait ce qu'on voulait. On faisait du TD ou on faisait du cours, c'était notre problème, c'était pas le sien...*" Alors, personne ne sait comment faire des TD avec des promos de 80 étudiants, donc on n'y arrive pas, très clairement.

Moi, **je distribue en 1ère année et en 2ème année un ensemble d'exercices, en encourageant les étudiants à le préparer et en réservant un créneau d'1h20 voire un peu plus en fonction de l'avancement dans mes cours** : qu'on puisse discuter de difficultés qu'ils ont eues. En général, ça conduit à rien, puisque c'est pas du TD donc...

Y'a du TP aussi par contre, en tronc commun de 2ème année, et des projets pratiques dans le tronc commun de la majeure CTV. Le reste ce ne sont que des cours.

09:41 Pas de cours hybride ?

09:44 Non, j'ai jamais trouvé d'intérêt... Alors, on est en train avec ma collègue d'essayer de mettre en place probablement des TD QCM par *Google forms*, parce que ça nous semble l'outil le plus pratique actuellement, le mieux contrôlable... Moodle ici, c'est une horreur et on reste avec l'idée que les cours qu'on met à disposition et tous les éléments qu'on met à disposition des étudiants restent notre propriété. Ce qui n'est pas vrai avec Moodle, l'expérience l'a montré... On est à cheval sur cette propriété intellectuelle.

10:24 Le volume horaire annuel de cours ?

10:29 Je pourrai te donner des chiffres précis... Je ne sais pas...

10:40 La deuxième partie c'est vraiment pour parler plus précisément des maths parce que tu intervies aussi en enseignement de maths...

10:53 En amateur, hein ? Comme vrai amateur...

10:56 On appelle ça des "mathématiciens non-experts !"

10:59 Si tu veux...

11:25 Donc toi, quelle est ta vision des mathématiques pour les ingénieurs ? En particulier dans la spécialité dans laquelle tu enseignes ? Contenus utiles, apport au quotidien dans l'industrie ? Degré de maîtrise des aspects théoriques attendus ?...

12:18 Je vais commencer par la deuxième question, la plus proche dans ma tête : **je ne pense pas qu'on puisse manipuler des outils informatiques en lien avec les maths** (des outils qui permettent de résoudre des équations différentielles, d'optimiser : t'as des données et tu cherches les paramètres qui vont paramétrer au mieux ces données...) **je ne pense pas qu'on puisse comprendre ces outils-là si on n'a pas une formation réelle en plein avec ces problèmes d'optimisation, d'équations différentielles. Donc je suis pour qu'on reste avec des enseignements tout à fait formels, de maths**. Clairement **pour des futurs ingénieurs chimistes ils n'ont pas besoin d'un enseignement de maths du niveau agrégé en**

mathématiques pure, par contre, oui, des maths en lien avec le type de problèmes qu'ils auront à manipuler, c'est clair que...

Donc moi, j'ai bien aimé quand j'étais en maths sup ou maths spé, je ne sais plus quand c'était, y'avait un enseignement qui durait trop peu, c'était "les moyens retrouver rapidement des valeurs numériques..." c'était quoi ? Je ne me souviens plus... Ça va me revenir probablement...

La première fois que j'ai fait de l'info à l'école de chimie où j'étais à Paris, on a appris à résoudre, à faire passer une droite par un nuage de points. Donc ça c'était le point d'entrée pour moi, alors pas sur le problème mathématique qui était associé, mais sur le lien entre les données et les paramètres physico-chimiques (dans le cas qui me concerne) qu'on peut tirer quand on sait à quoi sont liés les nuages de points qu'on est en train d'enregistrer à quel type de phénomène physique et comment il a été modélisé. Parce qu'il est modélisé, bien sûr il y a quelques paramètres essentiels qui permettent de comprendre, et ces nuages de points collés au modèle permettent d'en tirer ces paramètres essentiels.

Donc ça **c'est un enseignement qui manque dans notre établissement !** Que j'appelle de tous mes vœux auprès des responsables de la réforme en cours "Chimie et numérique". Je ne sais pas si je vais avoir gain de cause, mais il y en a besoin dans l'industrie de façon claire.

[15:02 Quel autre type de besoin particulier tu identifies pour tes étudiants ?](#)

15:08 Des outils comme **Maple, Mathematica**, tous ces outils-là, les étudiants doivent...

[15:16 Quand je dis "outils", c'est aussi "notions" mathématiques.](#)

15:25 Les notions que je juge moi indispensables et qui me posent autant de difficultés dans le petit cours de maths de rattrapage que je fais (parce que j'ai quand-même que 10 heures, c'est pas suffisant... pas pour que je fasse cours, mais pour que peut-être les étudiants arrivent à progresser...) Y'a les **développements limités**, les **équations différentielles**... alors, des problèmes simples : **1er et 2ème degré**... Y'a bien-sûr les **systèmes linéaires**,...

[16:02 Les complexes, peut-être ?](#)

16:05 Bien évidemment, oui **ça vient assez rapidement d'ailleurs**... je crois que c'est à peu près tout... Je fais un chapitre préliminaire, je ne sais pas si il est dans le document que je t'ai passé, sur **les données expérimentales et sur la mise en forme simplifiée des données pour qu'une représentation graphique permette d'avoir une idée de conformité du comportement des données**.

Voilà, ça c'est en lien avec le chapitre 0, en lien avec les enseignements que je fais en 1ère année. Il y a bien sûr les équations... **Laplace et Fourier c'est indispensable pour l'ingénieur de façon générale**. Alors plus les physiciens peut-être que les chimistes, mais cela dit le chimiste est confronté à ça ne serait-ce qu'un tout petit peu avec la RMN... **Décomposition en système plus simples, fonction propre, les valeurs propres**,... ça bien sûr, mais enfin c'est lié aux **systèmes linéaires de façon générale**.

[17:35 Donc quand-même un travail sur l'algèbre linéaire assez poussé ?](#)

17:41 Oui oui, je pense... ils en ont besoin de toute façon...

[17:43 Au-delà de ce qui est fait en prépa ?](#)

17:45 Non, absolument pas ! **Le niveau en prépa** (quand les étudiants travaillent, attention !), en tout cas si ils travaillent, il **est très au-dessus**... en tout cas c'était mon cas à mon époque parce que je n'ai pas re-regardé... mais si ! J'avais quand-même acheté les bouquins de maths pour les prépa, en 2000 quand je suis arrivé, le niveau était quand-même largement au-dessus **de ce qui est nécessaire pour l'ingénieur chimiste basique... mais c'est bien !** C'est le niveau d'entrée, je pense que si on a bien assimilé l'essentiel des notions qui sont dedans, on n'aura jamais aucun problème liés à des notions qui nécessitent un tout petit peu de maths...

[18:32 Pour toi ça fait parti des contenus "de base" indispensables au quotidien d'un ingénieur quel qu'il soit finalement ?](#)

18:38 Oui ! Et entre nous, **ma collègue qui a fait une fac en Allemagne**, bien qu'ayant un très bon niveau en chimie, **déplore tous les jours son faible niveau de maths... c'était fini en terminale... et ça peut poser problème.**

19:22 [Ça peut aussi servir à la collaboration entre les ingénieurs aussi ?](#)

19:47 Oui, c'est pareil que le langage commun quand tu es biologiste... ou que tu es physicien et que tu veux collaborer avec des biologistes : si tu ne parles pas le minimum requis pour te faire comprendre, et comprendre d'ailleurs ce que racontent les autres, tu n'y arrives pas ! C'est pas une collaboration, c'est juste quelqu'un qui vient se greffer sur des gens compétents. Et pareil **pour des chimistes qui souhaitent collaborer entre eux : à partir du moment où il va y avoir des données et qu'il n'y a qu'un personnes qui est capable de comprendre les données, il va y avoir une disproportion...**

20:19 Justement, [ça me permet de glisser sur les collaborations ici, en tant qu'enseignants. Est-ce que tu as des collaborations avec des collègues d'autres disciplines ou bien des relations avec des professionnels ? Qui sont dans l'industrie et qui soit ont des demandes,...](#)

20:44 Non... Je coopère avec ma collègue... **j'ai une demande d'un collègue pour sa thésarde** qui a des problèmes... je ne sais plus exactement lesquels mais il avait besoin de résoudre des **problèmes d'optimisation**, mais comme nous on en fait en permanence, qu'on programme ces problèmes-là, peut-être qu'il y aura quelques chose mais c'est **très très ponctuel.**

21:20 [Quels sont tes constats sur l'apprentissage des maths par tes élèves ingénieurs ? Les lacunes récurrentes ? La motivation ? Des différences entre les types de prépas ?](#)

21:56 Quand il y a quelques étudiants qui sont **venus par le concours commun polytechnique** que j'arrive à prendre, **ces étudiants-là ont le niveau de compétence minimal requis sans aucune difficulté.** Mais il leur a suffit de **2 mois en général pour avoir tout oublié.** Donc quand on les remet devant les petits éléments que je distribue, ils sont capables de faire très vite. Et cette année, contrairement à toutes les autres années, lors de ma dernière intervention, j'ai refais une interro qui reprenait certains points des enseignements qu'ils ont eus, qui n'étaient pas très formels. Ils avaient des documents à lire et il y avait pas mal d'exercices d'application à essayer de résoudre. Cet étudiant-là, auquel je pense, qui est en première année de Cycle Ingénieur, n'a pas été capable de faire quoique ce soit. Donc c'est invraisemblable mais ça prouve, pour certains étudiants, **le passage par des étapes-clés du style une interro ou un concours... ouais, ils savent faire, mais ils ont une facilité d'oubli qui est assez incroyable !**

Quelques étudiants qui font des CPI ont des difficultés, mais ça je pense que c'est lié... ces étudiants-là ne finissent pas non plus vers les plus brillants donc ce sont des étudiants qui sont là parce que ils étaient là d'emblée, et puis on n'est pas dans un établissement où il convient de mettre tout le monde dehors...

Restent les étudiants qui viennent avec un **DUT ou des parcours comparables, par la fac** etc. qui eux ont des **difficultés avérées en maths** : manque de niveau de base, et **c'est pas les 10 heures que je leurs fournis qui vont leur permettre de rattraper...** Pour certains d'entre eux, y'a une **vraie volonté d'essayer de combler les lacunes... mais ils n'ont pas le temps !**

24:24 [Tu sélectionnes comment les étudiants ?](#)

24:27 Les étudiants sont sélectionnés entre la première et la deuxième semaine de leur présence dans l'établissement. Je fais une interro en fait sur le premier créneau que j'ai à ma disposition.

24:40 [Sur quel niveau de base ?](#)

24:46 Je crois que le niveau est entre bac et bac +1, de mon point de vue en tout cas pour le

niveau math sup je pense...

25:01 Une interro qui dure combien de temps à peu près ?

25:04 Typiquement, une heure, sans calculette. Mais il y a... une règle de trois ! Une condition est évaluée si l'accident qui vient d'avoir lieu est un accident grave. Si c'est un accident sans conséquence, on peut continuer à travailler. Alors, l'idée c'est, sans calculette, rapidement faire une évaluation avec le pouce, comme ça, de savoir si l'accident est grave. Systématiquement l'accident est grave, et je récupère 1/3 des copies typiquement avec des **grosses fautes d'ordre de grandeur. C'est ça que je veux chopper !**

25:46 Donc quels sont les manques dans l'enseignement des maths selon toi pour les élèves ingénieurs dans ta spécialité ? Et qu'est-ce que tu ferais dans l'idéal pour rétablir la situation ?

26:16 L'hétérogénéité de toute façon, elle va être de plus en plus importante pour différentes raisons : il faut accueillir beaucoup de monde, et je ne suis pas contre, sur le principe. Je pense que l'on ne peut pas demander aux enseignants de faire tout et n'importe quoi... Par contre, si y'a plus d'hétérogénéité, **il faut que des étudiants** soient devant cette contrainte-là et **se prennent en main en fait pour rattraper leurs manques**. Parce que les étudiants sont pas exemplaires, en général bien sûr, il faut tester quoi ! Et après un certain temps, s'ils ont comblé leurs lacunes, je ne sais pas... ça je n'ai pas de solution. Il y'a peut-être 2 ou 3 mois avant d'entrer en école d'ingénieurs, peut-être : pendant 1 mois, 1 mois 1/2, on neutralise et on permet aux étudiants de combler leurs lacunes là où ils pensent qu'ils en ont. E les aidant, en les évaluant, peut-être. Ou s'ils pensent qu'a priori ils ont des lacunes, qu'ils se prennent en main dès le début. Pour ça y'a des sites internet. Je pense qu'on peut pas tout faire, que quand on est rentré à **bac + 3, qu'on attend un niveau minimal requis, il faut laisser les étudiants y aller...**

Je suis très élitiste de ce point de vue-là et **je suis pour aider les étudiants à condition qu'ils s'aident eux-mêmes**. Et c'est ça qui pour moi **manque dans les moyens que j'ai à ma disposition pour les maths de rattrapage** : on nous permet de faire des enseignements (ils sont suffisants ou pas, ça, ça se discute, et à la limite c'est même pas l'objet...), par contre, j'ai aucun moyen de contrôler qu'ils ont travaillé. Je sais qu'ils ne travaillent pas, d'ailleurs ! **Et y'a pas de conséquence...** Et pourtant ils sont 20 étudiants à avoir un cours de 10h...

28:13 Pas évalué, ça veut dire que tu ne fais pas d'examen et que, de toute façon, ça ne rentre pas dans les coefficients de l'année ?

28:21 Et y'a pas moyen de changer ça ! Alors, moi je serais pour, et c'est ce que j'avais proposé : y'a des étudiants qui sont pris par la patrouille en début d'année parce qu'ils sont un peu faibles. On leur donne la possibilité d'avoir un petit peu d'aide pour rattraper leurs lacunes...

28:37 Ce que tu appelles "la patrouille", c'est ?...

28:40 Mon petit contrôle de connaissance très basique. La plupart ne cherchent pas à combler ces lacunes-là. Même s'ils sont chopés, **je leur dis que ce n'est pas facultatif**, il faut qu'ils viennent. D'ailleurs je fais l'appel, c'est la seule fois dans la scolarité où je fais l'appel en début de cours ! Je fais cours 2 mois après la rentrée. Faire un contrôle de connaissances générales, pas à très haut niveau, mais en maths et en physique, des choses de base en fait sur lesquelles tous les enseignements de première, deuxième et troisième année à suivre sont basés. S'ils n'ont pas le niveau, on les vire. On leur permet peut-être de se représenter l'année suivante... accepter de se remettre à niveau, je ne sais pas...

29:42 Tu ne présentes qu'un enseignement, même s'il y a plusieurs parties dans cet enseignement. Que peut-il apporter d'après toi dans leur futur quotidien ? Quels sont les objectifs ?

30:06 Dans le quotidien d'étudiant au moins dans un premier temps. Ça c'est lié à différentes

discussions que j'avais eues il y a des années avec des étudiants. Quand je suis arrivé en 2000 ici, avec ma collègue, **on avait demandé aux délégués de demander à la promo de deuxième année en fait quels étaient leurs manques**. Les manques qu'ils reconnaissaient dans leur rapport aux enseignements qu'ils avaient. Donc ils avaient fait une liste d'un certain nombre de manques : **série de Fourier** etc. Bon ça c'était déjà arrivé... Concrètement, certains étudiants, un petit nombre, avaient des problèmes avec le développement en séries, les développements limités qui sont directement liés. Les **équations différentielles et systèmes linéaires**. En lien avec ce qu'ils allaient avoir plus tard, notamment en première année en atomistique.

31:13 [Quels types d'équations différentielles ?](#)

31:16 Les équations très très simples, j'en traite notamment en première année. **Équations différentielles du deuxième ordre, solubles directement, avec des coefficients constants**. Rien de très très compliqué ! Mais qui arrive de près ou de loin, de temps en temps dans les problèmes, et comme ingénieurs, en fait, qu'ils peuvent avoir à résoudre ou en tout cas à tenter de résoudre pour en expliquer le fonctionnement à leur encadrement : **dans l'industrie chimique y'a tous les parcours qui se mélangent, et les responsables quelquefois n'ont pas des grandes grandes notions en maths en fonction de leur parcours initial**. Donc je trouve et je pense que c'est important pour un ingénieur chimiste d'être capable d'affronter quelques notions de physique et quelques notions de physico-chimie qui passent assez souvent d'ailleurs par l'utilisation de résolution de maths appliquées.

32:25 [Et comment tu présentes cet enseignement de 10h aux étudiants ?](#)

32:32 Je suis passé par plusieurs formes différentes depuis 2001 ou 2002. **Au départ je faisais des vrais cours magistraux**, ils avaient des exercices à résoudre. S'ils le souhaitaient, on en parlait le cours suivant. **Je faisais l'ensemble du cours au tableau**. Au départ ça marchait bien puis ça a commencé à moins bien marcher... J'ai fini par en faire au moins **momentanément un cours "tablette"** que je refourguais l'année suivante pour pas avoir à réutiliser la tablette. Ça n'a pas marché la **tablette graphique (qui projetait ce que j'écrivais)**. Et là **depuis 4 ans je crois, je distribue un polycopié** qui est finalisé... alors pas totalement, notamment sur les systèmes linéaires, je ne suis pas allé complètement au bout de ce que je voulais. J'ai pas assez d'heures de toute façon pour aller plus loin. Les étudiants sont censés lire chaque chapitre avant chaque cours. S'ils ont des questions, on commence par répondre aux questions éventuellement. Zéro question à chaque fois ! Comme ils n'ont pas de question, je suppose qu'on peut commencer à faire des exercices : on commence à faire les exercices et quelques fois j'ai des questions... Quelques étudiants comme celui dont je parlais (qui est venu par concours commun polytechnique), qui arrive à tout faire sans difficulté, mais qui n'est pas capable de refaire la même chose quelques semaines plus tard... et d'autres étudiants, qui ont des difficultés manifestes, parce qu'il n'ont pas lu avec assez d'attention, ou travaillé suffisamment ce que je distribue, voire éventuellement trouvé des informations complémentaires, ils n'ont pas travaillé suffisamment les cours en amont pour être capables de résoudre les problèmes.

Moi, mon cours maintenant c'est explicitement du TD, et je suis là pour aider s'ils ont des difficultés. Mais la communication passe assez mal...

34:37 [Si je comprends bien, tu as essentiellement des étudiants qui n'ont pas fait de prépa CPGE ?...](#)

34:47 En majorité... alors il y a quelques étudiants qui ont des difficultés linguistiques : ils viennent de Chine, ou d'Asie en fait... Et pour eux, le problème c'est peut-être pas le niveau de maths, c'est plus la langue et le vocabulaire et à ce moment-là, ils récupèrent le vocabulaire. Pour eux, c'est souvent assez profitable, ils n'ont pas de problèmes avérés en maths.

Par contre pour les autres étudiants, ceux qui viennent avec un DUT, **la difficulté pour eux c'est de passer au-delà de ce qu'on leur a appris de faire, c'est-à-dire utiliser un formulaire. Ça c'est très difficile.** J'ai pas les moyens de les convaincre...

35:27 **Et quel est le niveau de détails et d'abstraction dans ces contenus mathématiques ? Ou se trouve le curseur entre la théorie et la technique pure ?**

35:48 **Je pars toujours des aspects théoriques** autant que faire se peut, donc au niveau où je peux les enseigner... souvent **avant d'aller un peu plus loin sur les aspects théoriques, je prends un exemple, souvent tiré de la chimie, pour leur montrer qu'il y a besoin de comprendre un peu plus et je vais après sur l'aspect un peu plus théorique, pour revenir vers des exercices d'application** où, si possible, je me sers de notions de chimie pour montrer que **dans la vraie vie c'est utile...**

Parce que **ces étudiants, je crois que c'était moins le cas il y a 20 ans, veulent du concret.** C'est ce qu'ils revendiquent en permanence et ça c'est très **problématique quand on doit enseigner ou faire des enseignements pour lesquels le concret arrive dans les situations ultérieures...** quand on est dans l'industrie, quoi !

Y'a besoin en Physique, en Chimie, en Maths, d'enseignements théoriques, où le concret... on verra plus tard... C'est pareil quand on fait des découvertes scientifiques : qu'il n'y ait pas besoin d'avoir une application immédiate, tout le monde l'a compris il y a longtemps... mais il y a des gouvernements quelques fois qui ne comprennent plus !

37:14 **Tu as parlé d'un polycopié, ça c'est l'objet principal apparemment ? Est-ce qu'il y a autrement utilisation de logiciels ou autre ?**

37:33 Je l'ai fait il y a quelques années j'avais utilisé un petit peu "MuPAD", parce que tous les étudiants n'avaient pas vu cet outil-là dans leur formation. **Je ne le fais plus, pareil parce que c'était trop de digressions, et pas assez de temps. Je pense que ça c'est utile mais, les étudiants en trouveront l'utilité que dans la mesure où ils ont un niveau mathématique minimal requis. Parce que apprendre à l'utiliser un peu bêtement, c'est comme un formulaire... pour moi ça n'apprend rien... Ça ne permettra pas aux étudiants de résoudre des problèmes qui n'ont pas été résolus avant. Et ils en auront dans l'entreprise ! Pas forcément toujours très difficiles, mais il faudra qu'ils cherchent des solutions à des problèmes où il y a une personne qui peut leur donner une solution autour d'eux... et pour ça, même si ça a été compris par quelqu'un qui est à 20 kilomètres, s'ils ne connaissent pas la personne, il faudra bien qu'ils s'y collent...**

38:42 **Ça je leur dit tout le temps, même en prépa...**

38:47 Mais j'espère bien qu'on a des discours cohérents... parce que je pense que dans la formation d'élève ingénieur, il y a beaucoup trop de matières "soft", par assez de matières "hard" : Physique, Chimie, bien-sûr les langues, les langues étrangères notamment, mais on pourrait peut-être remettre le français au goût du jour, parce qu'ils ont tellement de mal à écrire... Voilà ! Des matières scientifiques... parce qu'après tout, on forme des ingénieurs ! Mais non... "on en fait trop, on leur en demande trop..." Et je crois que au collège et au lycée, d'après ce que je vois avec ma fille, il y a trop de digressions, les choses ne sont pas très essentielles...

39:34 **A la recherche toujours de cette partie concrète, de cette application ?**

39:43 Oui, y'a juste à voir le livre de physique de ma fille... c'est un tissu d'âneries. Alors c'est pas qu'il y a des âneries dedans, mais il y a un petit "post-it", un petit exemple, etc. y'a pas de texte... donc si il n'y a pas de texte, et qu'on sait lire, il manque quelque chose pour comprendre...

40:15 **Comment tu réalises ton programme ? Tu as déjà parlé d'un questionnaire pour faire remonter les besoins...**

40:32 Oui, et j'ai demandé, quelques années plus tard, ça doit remonter à 5 ou 6 ans **aux**

enseignants du cycle ingénieur quels étaient les notions en maths qui manquaient manifestement à une bonne partie des étudiants qu'ils avaient en face d'eux et qu'il conviendrait de faire en introduction ou en complément. **J'avais eu quasiment pas de réponse ! Réellement...** un petit peu de réponse d'un collègue que j'étais allé voir de façon spécifique et là, c'était plus pour des problèmes d'automatisme etc. C'était Laplace qui revenait essentiellement. Un autre collègue m'avait que "*ah ouais mais Fourier, ils ont quand-même beaucoup de mal les étudiants etc.*" et je lui avais demandé de me préciser clairement en fait, par écrit quels étaient les besoins qu'il avait et peut-être quelques exemples à me donner, mais j'attends. Et puis... c'est normal, on est tous très très occupés. Je ne me fais pas trop d'illusions, c'est pas aussi important que ça...

41:51 **Et toi, pour ton polycopié, tu te diriges vers quelles ressources ? Livres ? Internet ?**

42:07 **Internet non**, je reste quelqu'un qui a besoin de lire sur papier !

42:15 **Je crois que tu m'avais donné des références...**

42:19 Oui, j'ai fait acheté ici des bouquins de **notions de physique pour ingénieur**. Je pourrai te le retrouver parce que je ne suis pas sûr que je t'avais donné les références. Il y'a des notions de maths pour physiciens ou pour ingénieurs. Des bouquins de physico-chimie dont l'enseignant est américain et que j'aime bien. j'ai fait acheter 2 ou 3 livres par le centre de documentation. Et là **je pompe des exercices**, mais je mets toujours les références des livres dans lesquels je suis allé chercher tel ou tel exercice. Du moins, j'essaye...

42:57 **Ton polycopié tu ne le projettes pas ?**

43:09 Non et je ne refais pas d'explication parce que ça alourdit et **ça prend du temps... sauf des points spécifiques où je détecte qu'il y a une difficulté et qu'il y a une demande**. A ce moment-là je vais au tableau... effectivement je peux faire des exercices au tableau, ou des démonstrations au tableau.

43:27 **Les démonstrations d'un théorème par exemple ?**

43:30 Oui, alors **je reste beaucoup moins précis que ça : je ne leur parle jamais de théorème ou d'axiome. Je reste avec un vocabulaire un petit peu plus "de la rue",** quoi... même si je pense que les résultats sont un peu les mêmes, non je ne vais pas utiliser un... c'est pareil pour les développements limités, **je ne vais pas jusqu'à utiliser des formalismes qu'on doit utiliser en math sup ou en math spé pour dire "quand tel développement est associé à un epsilon de quelque chose..."** je ne vais pas jusque-là parce que, je pense que ça a de l'intérêt dans les enseignements de maths, qui sont associés en math sup et math spé. **Après pour les étudiants auxquels j'enseigne, je crois que ça alourdit trop.** Par contre, **je leur montre ce que ça fait sur une courbe un développement limité** où on ne prend pas assez de termes, ce que ça veut dire... **J'essaye de montrer, de donner des exemples visuels.**

44:36 **Quels niveau de communication et de collaboration tu attends de tes étudiants ?**

44:54 Je leur demande de préparer les cours, de lire les cours, de les travailler avant qu'on soit les uns en face de l'autre. Les créneaux où on est ensemble, essentiellement c'est consacré à l'application de ce qu'ils sont censés avoir travaillé... Le résultat, c'est pas du tout ça ! C'est qu'ils **n'ont pas lu du tout les cours, donc ils commencent pas lire les cours pour continuer pour faire après les exercices d'application... ce qui fait que ça n'avance pas**, en tout cas, ça n'avance pas très vite... Je fais à peu près même pas la moitié de ce que je souhaite dans les 10h.

Moi, j'ai demandé à la responsable du Cycle Ingénieur encore une fois, on les connaît nos étudiants, s'il n'y a pas des moyens de rétorsion, si il n'y a pas moyen de juger leur travail, il ne le font pas !

45:49 **C'était justement ma dernière question : quel type d'évaluation pratiques-tu ? Et les ressources pour la conception des sujets d'examens...**

45:59 **Y'en a pas et je pense que c'est le problème le plus dommageable.** Sur les étudiants qui ont des difficultés en DUT, j'ai eu il y a quelques années quelques étudiantEs qui avaient beaucoup d'envie de combler leurs lacunes et ça a été une année absolument fabuleuse ! Je ne faisais pas des cours formels parce que j'avais à chaque cours des nouvelles questions en lien etc les enseignements qu'ils avaient en fait... En atomistique, quand ils parlent de l'atome d'hydrogène c'est la symétrie sphérique, l'utilisation de R, Theta, Phi, en fait : pour ces étudiants ça posait un gros problème conceptuel. Voilà, donc j'ai eu des questions comme ça, donc à chaque fois en impro et pendant tous les cours, pendant 10h j'ai passé une année comme ça à répondre aux questions... Si c'était comme ça tout le temps, là je penserais réellement que j'ai une utilité réelle...

47:06 **On n'a pas précisé mais les 10 heures sont espacées comment sur l'année ?**

47:11 Non, enfin, sur l'année, ça commence autour de mi-octobre. L'interro c'est la première quinzaine de septembre, essentiellement QCM pour que ça me prenne pas de temps. Donc je rends les notes assez rapidement avec la sélection de ceux qui sont les plus mauvais, en invitant ceux qui veulent participer au cours à venir, et les **5 créneaux de 2 heures** (qui sont le jeudi après-midi quand ils ont des trous dans leur emploi du temps, plutôt que d'aller faire du sport éventuellement...) c'est **entre mi-octobre et typiquement ça finit vers mi-décembre.** Donc c'est réparti et c'est dans les trous d'enseignement.

48:03 **L'entretien est terminé et on pourrait essayer de voir tes attend si on devait essayer de faire quelque chose ensemble. J'aurais besoin de cibler un contenu éventuellement... Est-ce qu'il y a quelque chose qui passe mal systématiquement ?**

48:49 Y'a un contenu qui va peut-être être d'actualité d'ici peu de temps, je l'ai déjà mentionné 2 ou 3 fois, c'est **l'optimisation** : t'as un ensemble de données, tu fais une régression linéaire. Le B.A.-BA de l'optimisation et après t'as les systèmes non-linéaires. Les étudiants en physico-chimie, notamment en CTV, donc les étudiants qui, très concrètement vont avoir un avenir scientifique un petit peu plus marqué que EPA, vont avoir besoin, de près ou de loin, de **capturer des données, et d'analyser et pas juste les tracer, mais aller chercher les paramètres qui caractérisent le comportement de ces données.** Je l'aborde un tout petit peu dans le chapitre zéro de ce cours de maths. C'est un peu abordé normalement par certains collègues en première année et en troisième année. L'expérience montre que les étudiants n'en retiennent rien. Je suis en train de pousser avec ma collègue que ça fasse partie de "Chimie et numérique". Là, on va valoir à se retrousser les manches, ma collègue et moi, pour arriver à faire quelque chose qui est compréhensible par les étudiants. Les problèmes d'optimisation au degré zéro on peut dire, c'est-à-dire **"Trouver la façon dont les paramètres expérimentaux minimisent la somme des carrés etc."** et puis quand c'est non-linéaire, c'est vrai qu'il y a des optimisations qui sont un peu plus complexes... faudrait arriver à faire comprendre ça aux étudiants. S'ils comprennent la philosophie du problème, ils n'ont pas besoin d'aller beaucoup plus loin, pas besoin de devenir des grands compétents en programmation. Par contre s'ils comprennent bien que **les paramètres de départ sont hyper importants, il faut pas mettre n'importe quoi en paramètres de départ, et que en fonction des paramètres de départ on va se trouver dans un minimum très mou, quelque part très très loin du minimum absolu etc. en fonction de l'optimisation, ça il faudrait que visuellement, physiquement, mathématiquement, je ne sais pas comment dire... que ce soit assimilé et au moins visuellement.** Parce que moi j'ai commencé comme ça en maths, j'en avais fait très peu avant, et pendant ma Thèse j'ai eu besoin de me confronter à ça en pagaille. Et là, j'avais un directeur de Thèse, qui est décédé peu après ma thèse (ça n'a rien à voir, hein ?) je l'ai remplacé d'ailleurs comme prof, mais donc voilà, l'année après sa mort, je l'ai remplacé et j'avais associé

à cette direction de Thèse, même si elle n'était pas explicite, un physicien bulgare qui est venu, la première année de ma Thèse, avec lequel j'ai fait énormément de progrès en mathématiques appliquées en fait. Notamment en lien avec la **programmation**. J'ai fait beaucoup de programmation pendant ma Thèse, traitement de données etc. et c'est lui qui m'a tout enseigné : les discussions nombreuses et variées, des exemples, les efforts de visualisation qu'il a mis en oeuvre pour que je comprenne avant que j'aie plus loin en maths et en Physique peut-être, ça a été un travail de longue haleine... et je crois que ça c'est nécessaire. C'est nécessaire, et c'est d'autant plus nécessaire, je ne sais pas peut-être avec ton collègue de Physique tu as dû en parler, associé à ce qu'on veut faire ensemble aussi, c'est-à-dire l'utilisation de **micro-contrôleurs**. L'introduction de micro-contrôleurs dans l'enseignement. Juste parce que dans les 10 ans qui viennent on aura encore un peu d'avance et que ça serait bête de ne pas promouvoir cet enseignement-là auprès de quelques étudiants parce qu'ils se placeront ne serait-ce que comme ça. Et pour ça, il y a la capture de données, parce que les micro-contrôleurs en Chimie sont intéressants parce qu'on capture des données, et si on a des données, c'est pareil il faut essayer de les comprendre. Des images, si ce sont des images qu'on capture, on peut faire aussi de la mesure de température ou quelque chose d'autre pour du pilotage. Et tout ça en fait, il faut que les étudiants puissent avoir un retour et l'utilisation éventuelle de **techniques de paramétrage, de "fitting"**... ça c'est un des points qu'on veut promouvoir en 3ème année pour l'arrivée de "Chimie et numérique". Et si on a des moyens, on espère pouvoir le mettre en pratique peut-être en 2ème année. Et pour ça **il faudra de toute façon un enseignement un tout petit peu plus théorique au départ, l'imaginer, je ne sais pas comment faire ?** Il faut sortir de la simplicité extrême parce qu'encore une fois ce que font les 2 collègues, **la régression linéaire, ça ne permet pas de voir qu'il y a des vrais problèmes associés à l'optimisation...**

[FIN]

22 mai 2017
Florent

00:00 ... le **schéma traditionnel entre guillemets de l'ingénieur un peu calqué sur le modèle du centralien...** l'ingénieur par défaut, qui est un peu compétent en tout, et donc qui va être compétent dans à peu près toutes les matières, on va dire, accessoires... enfin qui ne sont pas directement son cœur de métier, mais dont il peut avoir besoin un jour et donc... des centraliens peuvent se spécialiser comme "fiabilistes", ou des choses comme ça.

Et ça c'est un **schéma qui est probablement assez dépassé**, c'est-à-dire que maintenant le **degré de technicité** demandé à des ingénieurs est tel, qu'ils ne peuvent... **c'est bien qu'ils aient une vision un peu large, mais on ne peut pas être optimal, on ne peut pas être à la pointe, en tout.** Donc, notre idée a été - résultat, ça s'accompagne en plus d'une **tertiarisation des emplois et y compris de la fonction d'ingénieur.** Finalement, t'as de plus en plus d'ingénieurs qui, d'une manière ou d'une autre ne feront pas de la métallurgie, en fait (rires) ! ne sont pas en contact direct de la matière dure, et voilà ! Y'a des considérations générales... mais du coup y'a des **nouveaux champs de métiers aussi qui s'ouvrent à l'ingénieur.**

Et ça c'est dans ce contexte que nous on apparaît en gros, puisque les stats, c'est quand-même une discipline assez neuve, et on se rend compte que c'est justement dans les **métiers relativement neufs de l'ingénierie...** c'est eux qui ont été les premiers à venir nous chercher historiquement, et par contre pour des choses qui sont de haute technicité, et qui correspondent (ça c'est ce qu'on a réussi à faire valoir), au cahier des charges de ce qu'on attend d'un ingénieur. Et comme, de fait, il y a un certain nombre de ces métiers qui ont été visés par la majorité des écoles d'ingénieurs, typiquement les métiers de la banque, nous on s'insérait finalement dans **un courant un peu plus général** et c'est comme ça que la CTI a fini par dire que *"oui, effectivement, le boulot que vous faites n'est pas foncièrement différent du boulot que fera un ingénieur des ponts qui arrive dans une banque"*.

Donc, là, par rapport à ça, nous on forme des ingénieurs dont la spécificité est qu'ils ne vont **jamais être en cœur de métier dans leur emploi**, ou très rarement en cœur de métier, mais par contre **ils vont importer une technicité qu'il n'y a pas ailleurs.** Et c'est une technicité qui a comme particularité d'être **essentiellement mathématique.** Type informatique, enfin, il y a d'autres trucs, les stats, c'est un truc assez composite, mais c'est pour ça qu'il y a un côté justement : **"amener des ingénieurs dont, justement, la spécificité c'est d'apporter un type de contenus mathématiques que les ingénieurs entre guillemets standards n'ont pas nécessairement,** en tout cas pas à ce niveau d'expertise-là.

03:31 [Ce qui pourrait expliquer dans le ressenti des ingénieurs qui ont répondu à mon enquête, que les stats sont un manque...](#)

03:40 C'est aussi un manque de ce point de vue-là, et effectivement, quand tu réfléchis ici, les gens sont formés en stats pendant 3 ans. C'est pas un vague cours, deux dans le meilleur des cas sur l'ensemble du cursus qui font... En revanche, là où on est une école d'ingénieurs c'est que **on est complètement orientés "sortie".** Sortie emploi, et **sortie emploi de type ingénierie,** c'est-à-dire qu'on n'est pas une business school par exemple... **on forme pas des managers, on forme vraiment des gens qui sont dans la compétence technique, qui vont être recrutés pour leurs compétences techniques, pour leur ingénierie de problèmes alors effectivement qui sont essentiellement liés à des chiffres.**

04:29 [Voilà une belle introduction ! J'avais envie de commencer par une présentation...](#)

04:56 Moi c'est Florent, j'ai **55 ans, je suis professeur des Universités.** J'ai enseigné, d'abord en tant que **maître de conférence à l'université de Rennes 1, à l'IRMAR.** Après j'ai été

professeur 3 ans à l'IUT du Havre dans un **département d'informatique**. Et puis l'[ECOLEFLORENT] est venue me chercher ici à l'époque pour **diriger le département d'enseignement de la Statistique** à l'[ECOLEFLORENT]. J'y suis **depuis 2005**.

06:03 Et quelle est ta formation rapidement ? En maths et éventuellement en enseignement ?

06:11 Je suis **normalien**, donc **agrégé**, j'ai fait une **thèse à la frontière entre les probabilités et les stats**. J'ai commencé vraiment comme le **matheux standard**, enseignement-recherche de matheux standard... Et question enseignement, je me suis assez **rapidement spécialisé dans l'enseignement des mathématiques à l'intention des non-mathématiciens**. C'est-à-dire assez rapidement le (alors ça, pour le coup, la prépa agrég' faisait une notable exception) la **reproduction de l'espèce** m'a semblé quelque chose d'insuffisant ! Et donc je me suis vraiment intéressé, en plus c'était dans les années 90 la grande remise en cause par Claude Allègre des maths, etc. Où la réponse de la communauté m'a semblée très pauvre à vrai dire, et du coup je me suis beaucoup posé la question : "*mais finalement pourquoi on fait chier les gens avec des maths ?*" Et donc, le meilleur moyen de trouver des réponses, ça a été de **discuter avec des gens dont je p[ECOLEFLORENT]s qu'ils avaient besoin de maths...** qui p[ECOLEFLORENT]ent en général qu'ils **avaient besoin de maths mais qui avaient qu'une seule trouille c'est que ce soit les matheux qui les leur apportent !**

Donc voilà, j'ai beaucoup investi là-dedans et après c'est pour ça que je me suis retrouvé dans un IUT j'étais assez bien à mon aise, et dans cette école-là... finalement, y'a une certaine logique dans le parcours...

07:37 Et dans tout ça, il y a eu une formation spécifique d'enseignant ?

07:45 Après l'agrégation, non. Y' avait pas encore de CIES ou de chose comme ça, j'ai été formé sur-le-tas on va dire...

07:52 Est-ce que tu peux décrire les enseignements que tu dispenses cette année ?

08:02 Cette année, **tous mes enseignements** (que je ne dise pas de bêtise) **sont en 1ère ou en 2ème année** d'école c'est-à-dire au niveau L3 ou M1. Au niveau L3, on a des gens qui arrivent ici par un cursus maths, et par d'autres cursus. A peu près **60% par un cursus prépa-math classique : maths-sup, maths-spé & concours commun polytechnique**. Et à peu près **40% qui arrivent par d'autres voies** (si ça t'intéresse je te décrirai). Et en première année, justement le niveau de maths à l'entrée n'étant pas le même, **on différencie l'approche pédagogique en première année suivant d'où ils viennent**.

Y'a ce qu'on appelle "**le parcours maths**", ça c'est les gens qui viennent de prépa ou éventuellement qui sont arrivés par une voie d'accès universitaire mais après un cursus vraiment matheux. Et on a ce qu'on appelle en jargon "**le parcours IES**" (Interne Economie STID) où il y'a tout un tas d'autres personnes qui ont en principe en commun de ne pas avoir les mathématiques comme majeure de leur cursus antérieur.

En première année, cette année j'ai fait le premier cours pour ces IES, qui est un peu "*Vous qui entrez ici, quittez toute espérance !*", c'est-à-dire, "*vous arrivez dans un endroit où là, vous n'allez pas y échapper, va falloir faire des maths !*" Et donc on commence par une **introduction aux probabilités et au calcul intégral** qui est généralement assez **douloureusement ressenti**. En même temps, le challenge, qui est très difficile mais (il ne s'agit pas de complètement les rebuter bien-sûr), mais d'essayer d'expliquer à ces gens-là en permanence, de manière aussi concrète que possible que "**pour avoir les bons outils, il faut passer par là !**". Ils n'ont guère de choix... Qu'ils voient, aussi vite que possible, qu'au niveau d'expertise où on les emmène, **il va falloir qu'ils maîtrisent des outils mathématiques dont ils n'ont même pas idée en arrivant**.

10:35 Ce n'est pas un point de vue, là ? C'est institutionnel ?

10:41 Oui, ça c'est presque la raison d'être... c'est-à-dire que... quelque chose par exemple,

toujours pour parler de la CTI, **la CTI nous a beaucoup questionné sur ces gens qui ne sont pas des matheux à la base... "Et vous prétendez en faire des ingénieurs ?"** Alors effectivement, il a fallu qu'on leur explique qu'on ne mollit pas par rapport à ces gens-là sur le niveau d'arrivée. Ils ont une première année qui est **généralement assez pénible**, faut dire ce qui est, mais **qu'ils vont récupérer les années suivantes** parce qu'ils connaissent d'autres choses. Le **côté applicatif**, au contraire, ça c'est quelque chose qui va tout de suite leur parler, **ce qui n'est pas toujours net pour les matheux** etc.

Donc j'ai fait cet enseignement-là, j'ai fait l'enseignement de **statistiques inférentielles**, donc le premier vrai cours de modèle statistique (alors c'est **estimation, maximum de vraisemblance, Cramer-Raò...**) enfin voilà, le cours de statistiques standard en gros, cette fois-ci à l'attention des élèves qui venaient du concours maths.

Et aux élèves de deuxième année, j'ai fait deux enseignements : un enseignement de **modèles linéaires généralisés, régression sur variable catégorielle**, qui est un enseignement qui est donné à **toute la promotion** (135 élèves, ça c'est pleine promo), donc qui est de leur premier enseignement (enfin moi je trouve qu'il est intéressant parce qu'il est vraiment à **la charnière de l'enseignement de maths et de l'enseignement professionnel en étant plutôt déjà tourné vers la deuxième partie...**) et j'ai donné par ailleurs un cours d'analyse de données répétées. Donc ça c'est en gros, pas une variante, mais **un prolongement possible du cours de modèles linéaires généralisés** on va dire. Et là on arrive à la spécificité de ce genre de chose, c'est-à-dire qu'on va vraiment **mettre l'accent sur les aspects opérationnels** : "*Quelles sont les questions qu'il faut se poser ?*", "*Quelles sont les spécificités ?*", "*Quelles sont les hypothèses qu'on utilise habituellement et qui sont mises en défaut là et comment on contourne l'obstacle ?*". En revanche, c'est un enseignement où là **on n'a plus le temps de rentrer dans la preuve mathématique**, c'est-à-dire que si ça les intéresse (on peut espérer), en tout cas on leur donne des références, et là, on arrive en fin de deuxième année, c'est-à-dire **l'objectif principal c'est qu'ils ne fassent pas de bêtise en utilisant ces outils, donc qu'ils les utilisent de manière appropriée...** scientifiquement, mais en même temps, s'il y a une démonstration de "**Tel algorithme de calcul de l'estimateur du maximum de vraisemblance converge**"... euh... **il faut qu'ils sachent que celui-là converge**, et donc qu'il va falloir l'utiliser. Qu'ils sachent **ce que ça veut dire que l'algorithme converge**. Pourquoi c'est une bonne propriété ? Pourquoi c'est intéressant ? **Après la preuve...**

13:43 OK? On reparlera de ce statut de la théorie...

13:47 Ça c'est les quatre enseignements que j'ai fait cette année à l'école, outre les suivis de projets, et les choses comme ça...

13:53 Justement, le type d'enseignements est majoritairement des cours magistraux ?

13:58 Ça évolue d'année en année, on va dire que c'est majoritairement "**Cours-TD**", un peu classique. À peu près le même type d'équilibre qu'à la fac je dirais globalement... **Moitié-moitié**, en allant plus vers le "**Cours versus TD**", **au fur et à mesure qu'on avance**. Et en revanche, **de plus en plus de projets** et notamment de plus en plus d'**évaluation par projets**. Donc soit des projets qui sont **des projets de long-cours**, soit **des projets qui sont adossés à un cours mais qui sont une grande partie, voire l'essentiel de l'évaluation associées au cours**.

14:43 Et quel volume ça représente, tout ça ?

14:53 Cours-TD-TP sur l'ensemble de la scolarité ?

14:56 Oui, en en fonction des UE ?

15:04 C'est très variable. On est capables dans une certaine mesure (pas complètement) mais on est capable à peu près, c'est bien, le fait d'être une école de stats, en gros pour un sujet donné on essaye de calibrer combien ça demande d'heures pour être fait correctement et on

attribue ces heures-là. Bon, ça vaut ce que ça vaut...

Par exemple, un gros truc comme le cours de "**Modèles statistiques-Estimations**", c'est **30 heures de cours et je crois 40 heures de TD**, un truc de cet ordre-là...

"**Modèles linéaires généralisés**", on doit être sur **15 heures de cours, 9h de TD** si mes souvenirs sont exacts, de TP en l'occurrence, **c'est uniquement du TP**, là, y'a pas de TD, c'est uniquement du travail sur machine quoi...

15:55 On en a déjà un peu parlé de la perspective sur les maths : quels constats et attentes ? Quels sont les besoins en mathématiques des ingénieurs ? Que peuvent apporter les contenus enseignés dans leur quotidien ou dans l'industrie concernée ? Place de la théorie ? Pratique seulement utilitaire ?

16:43 Le besoin en maths... le besoin en maths, c'est **un besoin en modélisation mathématique... là, si je me place du côté employeur. C'est-à-dire que bon, il y a de trucs effectivement qu'on peut faire en routine pratiquement : on introduit les données dans un ordinateur, on tape sur les bons boutons du logiciel et on interprète les sorties... Evidemment, nous, ce qu'on vend entre guillemets aux employeurs c'est que (et c'est ce qui caractérise les ingénieurs) nos élèves à la sortie, ils ne sont pas, comment dirai-je, soumis à ça. C'est-à-dire que... par rapport à une problématique donnée (typiquement l'éruption du big data, un truc comme ça), même nos personnes qui sont sorties il y a 5 ans sont capables d'aller investir les outils qu'il faut, et ça, pour ça, c'est là qu'on dit qu'il y'a vraiment besoin d'un socle mathématique, d'un socle théorique vraiment assez fort parce qu'on sait ce qu'on a le droit de faire, ce qu'on fait, pourquoi on le fait et dans quelle mesure dans un nouveau contexte, ça marche encore, ou ça ne marche pas... Et si ça marche pas, on a en principe l'**outillage intellectuel** qui va nous permettre d'aller nous **approprier les nouveaux outils**. Ça c'est quand-même quelque chose à quoi je crois quand-même beaucoup. Et c'est quelque chose qu'on voit par exemple dans les stages ingénieurs que font nos élèves à la sortie : souvent, effectivement, c'est quand-même assez souvent, y'a des questions auxquelles honnêtement **leur encadrement ne sait pas répondre**. C'est-à-dire, la pratique standard est impuissante à ça, et là, va falloir donc, en général, a minima, faire un peu de **veille scientifique**, aller voir un peu qu'est-ce qui s'est fait récemment ailleurs, où sont les progrès etc. Et ça le plus souvent, si on n'a pas de... (c'est quand-même des outils mathématiques à chaque fois), si on n'a pas la capacité qui va avec, bah on est obligé de prendre un truc sur lequel on n'a pas de recul, dont **on ne peut pas attester la validité**, en tout cas dans le contexte dans lequel on veut l'utiliser etc. et voilà.**

Donc ça je pense que c'est vraiment pour moi, le point central qui justifie qu'il y ait vraiment... voilà, on ne leur donne pas une succession de recettes de cuisine, voilà ! Et ça c'est l'aspect purement mathématique...

Après évidemment, enfin **dans leur vie pratique, heureusement, il y a des outils qui vont leur faciliter la tâche**. Y'a des tâches pour lesquelles c'est pas la peine de réécrire le même exercice 20000 fois, et ça, **ça fera aussi partie de leur métier**, mais une des spécificités qu'on vend c'est qu'ils ne sont pas limités à ça. Et effectivement, c'est une des raisons pour lesquelles ça marche bien !

19:54 C'est peut-être difficile de parler d'un contenu particulier dans votre formation...

20:09 Si, dans le socle, y'a des trucs de base : en gros savoir qu'est-ce que ça veut dire "**estimer un paramètre**" ? **Faire un test** ? Probablement **les limites intrinsèques de ce type d'exercices-là**... Savoir mathématiquement, en gros, **qu'est-ce qu'on peut attendre d'une régression**, par exemple, qui est quelque chose vraiment... **qui est l'outil professionnel, je dirai presque par défaut**, enfin... le **prototype de l'outil professionnel**. Donc c'est un truc, je

peux raconter une anecdote : moi, quand je suis arrivé ici, j'étais pas un statisticien moi à la base, j'étais vraiment un matheux qui s'était spécialisé pour différents trucs, mais quand je suis arrivé ici, une partie des collègues se demandaient un petit peu "*un matheux pur, qu'est-ce qu'il vient foutre dans cette école-là ?*" Et quand on a fait la première répartition des enseignements, je me suis retrouvé avec le cours de "Régression". Je me suis dit "*Oui, bon pourquoi pas ?*" De toute façon j'arrivais là, c'était pour m'y mettre... "Régression, combien ? Bah, y'a 25h de cours et 30h de TD !" Bon j'ai fait le brave : je me revois dans ma voiture sur le chemin du retour, essayer de rassembler le maximum que je pouvais faire et je me suis dit "*Comment on peut aller au-delà de 4h ?*"... J'ai passé un été dessus, j'ai beaucoup bossé, mais effectivement, voilà : c'est-à-dire qu'il y a effectivement **avoir une vision fine des enjeux des problèmes**, alors là, pour le coup des problèmes **mathématiques**. Qui peuvent même, s'ils peuvent se traduire en langage de tous les jours qui disent que, par exemple que **dans une régression, si on veut estimer beaucoup de paramètres en même temps, on va mal les estimer individuellement, et savoir comment on va faire un compromis là-dedans. Quels sont les choix de normes qu'on va prendre pour définir le mot "flou", le mot "précision", etc. ? Et notamment, le niveau de flou qu'on est prêt à tolérer etc. Ça c'est vraiment des trucs purement mathématiques**. Donc, ça il faut que tout le monde sorte de l'école en ayant les reins solides sur ce genre de choses, donc ça c'est vraiment du **socle**... Donc **le socle mathématique du principe des techniques de régression multivariée**, c'est assez essentiel, enfin, c'est essentiel ! Probablement, on peut pas tellement sortir d'ici en ayant une vision assez claire de ce que c'est une **modélisation markovienne**, de ce que c'est que **le principe bayésien d'estimation** qui est une autre façon, un autre paradigme on va dire de faire des stats. Et **ces deux choses-là se rencontrant dès qu'on veut faire de la statistique computationnelle**, c'est-à-dire qu'on n'a pas de solution analytique aux équations qu'on veut résoudre (**comme quoi on veut résoudre des équations !**) et que donc on est obligé d'utiliser des procédures de type numérique dans ce cadre particulier etc. Donc y'a ça...

Y'a très certainement, une assez bonne maîtrise de... alors en pures maths on dirait des "**techniques de diagonalisation**", mais, alors en l'occurrence ça veut dire "**être capable de regarder les différents moments d'inertie**"... en fait c'est plus de la physique que des maths, mais les différents axes d'inertie d'un nuage de grande dimension. De comprendre ce que ça veut dire, de comprendre une fois qu'on a fait ça, à quoi ça sert, comment on peut s'en servir, enfin voilà... on a tout un tas de choses comme ça, donc qui sont, à la fois probabilistes, **beaucoup d'algèbre linéaire et bilinéaire** en fait... un peu d'**optimisation**, et évidemment, les **outils standards d'analyse**, comme toujours.

Je pense que voilà, y'a une grosse **culture probabiliste et d'algèbre linéaire**, dans, en gros "en quoi **la combinaison de ces deux-là permet de faire des statistiques compliquées** en grande dimension ?" Là je crois que seulement au niveau socle, puis derrière, de l'optimisation...

[24:51 Est-ce qu'il y a des reprises des cours d'algèbre linéaire ou bilinéaire ? Ou d'analyse basique ?](#)

25:00 Ça, on fait ça pour les IES, ceux qui n'ont pas... on considère globalement que **les gens qui sortent de prépa ont essentiellement ce qu'il faut**. On va faire des compléments, on va mettre **un petit peu de Fourier** quand on aura besoin, mais on va faire ça au fil de l'eau. Y'a **pas d'enseignement spécifique de maths en dehors de ça**, pour l'instant, à part peut-être la **théorie de l'intégration**, mais je ne suis pas convaincu (alors c'est un point de vue personnel) que **ça soit le truc sur lequel faut à ce point-là qu'on s'énerve**. Mais bon... c'est un peu comme ça... Donc il y a... par contre, **pour les gens qui arrivent par les autres concours, ils ont un gros travail spécifique de mise à niveau mathématique qu'ils font en**

première année, en plus d'avalier les outils directement liés aux objectifs de l'école.

25:54 [Et des collaboration entre collègues et peut-être le milieu professionnel ?](#)

26:13 Ici, il y a essentiellement trois types, enfin trois disciplines essentiellement : y'a les **stats qui font une grande majorité quand-même (on doit avoir la majorité absolue assez nettement des effectifs enseignants), il y a de l'info et il y a de l'économie.** Alors l'économie, pourquoi ? Essentiellement parce que, outre qu'on forme des ingénieurs, on est **l'école de formation des cadres de l'INSEE.** En fait, même d'un certain point de vue on est principalement ça. Et l'école d'ingénieurs c'est une idée géniale de l'INSEE (vraiment je trouve que c'était assez visionnaire !) de dire : *"pour garantir la qualité de nos cadres au meilleur niveau, on va essayer d'éviter l'endogamie ! Et donc on va se "benchmarker" comme on dit maintenant, de 2 manières (je pense qu'ils n'ont pas dû dire "benchmarker", mais...) avoir, en gros une école d'ingénieur qui est... le succès de l'école d'ingénieurs sera garant du succès de la formation des attachés, puisque essentiellement ça sera la même..."* En gros, un regard extérieur qui va faire juge de paix sur la qualité. Si le monde extérieur se rue sur nos produits c'est que l'INSEE a bien raison de miser là-dessus. Et aussi, en faisant attention à ce que la majorité des enseignants, ne soit pas issue de l'INSEE, pour éviter la reproduction etc. D'où des gens comme moi ! *"Qu'est-ce que je fais là ? Et ben voilà, l'INSEE est venue me chercher pour former ses cadres !"* À la base, c'est vraiment ça. Donc, moi je trouve ça assez extraordinaire : des fois on a une vision *"l'administration ceci, cela..."* ils ont été capables il y a 20 ans de concevoir ça, de le porter et de le mettre concrètement... donc ça c'est vraiment très bien !

Alors du coup, les relations avec le monde extérieur, évidemment avec **l'INSEE**, voilà ! C'est presque par construction, enfin, c'est même **par construction.** Avec le monde extérieur, niveau entreprise, eh bien essentiellement sur les filières de troisième année je pense que **80% des enseignements sont faits par des gens qui sont, en gros, issus d'un débouché possible de nos élèves.** Donc des relations, on en a quand-même beaucoup : on a les projets (là, on vient de faire ça la semaine dernière), la **deuxième année** au moins est marquée par **un gros projet qui court tout au long du deuxième semestre. Le projet est systématiquement proposé par l'extérieur.**

29:06 [Ça assure une adéquation entre les besoins réels...](#)

29:11...voilà, c'est ça... et ce qu'on présente ! Donc, ça oui évidemment, **y'a des stages en entreprise en 2ème et 3ème année** donc on a des retours là-dessus. On a pas mal de **conventions de partenariat, d'entreprises qui participent à nos Comités d'Enseignement de Recherche** etc. Enfin, ça j'imagine que c'est un peu toutes les écoles d'ingénieurs qui font ça. Et là, pour le coup on a vraiment... et alors, moi je suis arrivé, juste ça faisait 10 ans que l'école existait, et ce qui était très intéressant, c'est que la plupart des interlocuteurs qu'on avait à l'époque c'était des gens qui n'avaient pas de formation statistique. Donc, c'était qu'ils croyaient entre guillemets en l'intérêt de cette offre nouvelle qu'on présentait, c'est-à-dire des ingénieurs statisticiens. Ce qui existait déjà un petit peu, l'ISUP faisait ça à Paris, enfin c'était très très marginal. Alors que maintenant, en 10 ans, c'est vraiment rentré dans les moeurs, les gens qu'on a savent à quoi on sert... Je mesure sur les 12 années que j'ai passé ici... la différence elle est... voilà, avant on était une école qui avait vraiment à se faire connaître, hein ! Ce qu'on disait à nos élèves à l'époque, on leur disait *"Vous arrivez sur un endroit, où vous allez probablement être les premiers ! Voilà l'avenir un peu... Vous allez à avoir à montrer ce que vous valez ! Ce que vaut la formation, ce que vaut l'intérêt d'un statisticien etc."* La maintenant, on n'est plus du tout dans cette problématique-là !

31:01 [Pour l'enseignement des maths, est-ce qu'il y a des lacunes ou des problèmes récurrents chez les étudiants, que vous retrouvez d'année en année ? Un manque de motivation chez eux ? Et quel serait ton idéal, si tu n'y es pas déjà, au niveau de l'enseignement ?](#)

32:38 Effectivement, nous on est dans une situation complètement singulière pour 2 raisons : la première c'est qu'effectivement, ils baignent dans un environnement mathématique quand-même pendant toute leur scolarité donc ça fini par gommer les questions de lacunes. Je pense que ça serait pas du tout la même situation si, en cycle ingénieur d'un seul coup on faisait un truc et que "*bah oui, les maths c'était y'a trois ans... on a un peu oublié etc.*" Et d'autant plus qu'il y a un **biais de sélection, pour parler en terme de statisticiens, les gens qui viennent chez nous viennent pour faire des maths**. Donc de ce point de vue-là, je pense que, en tout cas, même si y'a toujours des trucs où on est insatisfaits "*Ils savent rien faire, le niveau baisse ! (rires)*", ce genre de trucs mais enfin, on est évidemment de ce point de vue-là dans une situation complètement privilégiée. Je veux dire, si tu veux là, quand j'ai fait un débriefing de projet avec des groupes ce matin, quand je leur dis "*c'est scandaleux que vous osiez écrire des trucs comme ça !*", **je pense que eux ils le prennent directement dans la figure** parce que c'est leur coeur de truc... les autres, j'imagine dans une école d'ingénieurs, enfin moi, même quand j'étais en IUT info, je faisais très gaffe à ça... enfin effectivement à partir du moment où leurs algorithmes tenaient la route, c'était ça le but...

Donc alors pour répondre, nous, y'a pas énormément, enfin **y'a toujours des lacunes, mais enfin globalement, on va surtout se plaindre...**

34:17 **Donc, le but du rattrapage entre les différents niveaux...**

34:21 Alors ça je vais revenir à ça... c'est un sujet vraiment important ! Donc, y'a les autres. Là, ce que je t'ai dites fait ça s'applique aux prépas. Alors, les autres ! Alors moi, personnellement, **la diversité me va bien**. Enfin, moi, je suis sur une base qui vaut ce qu'elle vaut, mais qui n'a pas été démentie en tout cas depuis que je suis à L'[ECOLEFLORENT], c'est "**Quelqu'un de brillant, il va s'en sortir, quelque soit entre guillemets son niveau de maths en entrant. Il va s'en sortir de manière plus ou moins confortable on va dire, y'a des trucs qu'il va plus ou moins, des marches qui vont être plus ou moins hautes, des murs qui vont être plus ou moins brutaux etc. mais enfin, à l'arrivée, les gens qui rentrent, c'est extrêmement rare qu'ils ne sortent pas par la bonne porte, sauf les accidents individuels etc.**" De ce point de vue-là, **je pense que je suis assez minoritaire y compris parmi les collègues** ici... moi **les gens qui arrivent ici avec beaucoup de lacunes, ça ne me fait pas peur !** Après, ça veut pas dire qu'il n'y a pas du boulot ! Faut que le truc soit adapté et je trouve que justement, notre expérience vis-à-vis de ces gens IES... alors pour l'instant on est capables d'être... Alors, c'est gens-là, c'est qui ? C'est alors des gens qui **arrivent admis sur titre après un cursus universitaire. Ceux-là sont généralement impeccables**, on n'a aucun problème. Eux, on garde un oeil juste pour voir, mais enfin c'est des très très bons recrutements...

On a des gens qui arrivent sur des concours dits "**Khâgne-BL**" ou "Cachan-D2". Donc, les "Khâgne -BL" c'est ce qu'on appelait autrefois les "Khâgnes scientifiques" : ce sont des gens qui se destinent premièrement en principe aux concours "Lettres-Sciences sociales" des ENS, et c'est une invention qui date d'il y a déjà un bout de temps des ENS, d'avoir des gens qui ont un **profil un petit peu plus quantitatif et donc de leur donner un supplément de formation scientifique dès la prépa : ces gens-là, c'est des merveilles !** Je veux dire, ils ont des **capacités** absolument... ils sont bons en tout ! Une **ouverture d'esprit** complètement dingue... je veux dire... on en recrute sur ce concours-là.

On en recrute qui préparent l'**option "Economie-Gestion" de l'ENS Cachan**.

On recrute des STID, donc ça c'est des **IUT STatistiques et Informatique Décisionnelle**, je crois que c'est comme ça que ça s'appelle maintenant. Y'a 12 IUT STID en France, on a 8 places. Autant dire on prend essentiellement parmi les 15 meilleurs des STID de toute la France et c'est ceux qui souffrent le plus en arrivant. Clairement.

Et on a, alors ça c'est **pas des ingénieurs** mais c'est quand-même intéressant, des gens qui

sont des **personnels de rang B**, ce qu'on appelle les "**contrôleurs**" à l'INSEE, qui passent un **concours interne** pour arriver au salut de cadre A, ce qu'on appelle "Attaché" en jargon INSEE, et l'INSEE dans un louable souci d'égalité de tous et les envoie faire leur formation de 2 ans ici, pour que derrière ce soit des attachés au même titre que tout le monde, avec les mêmes droits de prérogatives, etc. "s'il vous plaît..." C'est-à-dire qu'on peut avoir des gens qui ont 40 ans et plus, hein ! Qui arrivent de n'importe où en France : "*Vous allez passer 2 années en Bretagne et puis on cause !*". Ça, enfin voilà, c'est en-dehors du truc mais c'est en soi un sujet absolument passionnant...

Donc, on a tout ce monde-là qu'on regroupe par défaut comme "*Vous, c'était pas écrit sur votre front au départ que vous arriveriez dans une école d'ingénieurs ! Et pourtant, vous y êtes : va falloir faire quelque chose ! (rires)*". Donc, ces gens-là, d'une part on fait une véritable **mise à niveau**, donc ça ce qui est important c'est d'être capable (et ça on essaie, je dirais pas qu'on est optimaux, là-dessus, mais on essaie quand-même assez régulièrement) de **voir quels sont les besoins spécifiques des maths de prépa on va dire, sur lesquels ils ne sont pas à jour**. Ou pas assez à l'aise, typiquement dans le **traitement des séries, le calcul matriciel**, des trucs comment ça, il faut en remettre ! On essaie de faire en sorte que, dans les concours, on fasse très gaffe à leur note en maths, on met un très fort poids pour les concours et pour les STID qui sont là sur dossier, **on regarde vraiment de très près les notes de maths**, donc on ne regarde pas que la moyenne globale. On regarde vraiment aussi ce poids-là. Et au niveau de la pédagogie de la première année, ce qu'on essaie vraiment c'est d'y aller **sous la forme "outils nécessaires "** c'est-à-dire les mettre en permanence devant des trucs sur lesquels ils n'ont pas les moyens scientifiques de répondre, et puis après, puis après, puis après... Alors ça, on fait ça pendant toute la première année, l'idée étant qu'à partir de **la deuxième année c'est tout le monde ensemble**. Et comme la deuxième année on est déjà un peu plus axé professionnalisation, c'est des outils qui... voilà on présente des trucs dans le but que ça va servir à quelque chose "*on est capable tout de suite de vous montrer à quoi ça va servir !*". Bah là, ils sont... ils n'attendaient que ça, on va dire ! Par rapport aux matheux purs et durs qui n'étaient pas forcément aussi pressés ! Et là, il mesurent aussi l'étape qu'ils ont franchie en 1 an et c'est efficace. Voilà ! C'est absolument pas glamour pour eux en première année, on leur dit "*on sait !*", on leur passe la main sur le dos toute l'année, on leur dit "*accrochez-vous, accrochez-vous ! On sait, c'est pas marrant mais le but n'est pas que ça soit marrant, le but est que ça dure un temps limité et qu'à partir de l'an prochain, vous allez voir, ça sera plus dans la même config, mais les deux années qu'il vous restent, c'est que du bonheur ! C'est du boulot, mais au moins...*" Et ça marche !

Donc on est, vraiment je trouve, très efficaces là-dessus, ce qui confirme au passage mon idée que les gens brillants de toute façon, ils sont brillants ! **Si ils en veulent, ils en veulent**. Y'en a quelques uns qui n'en veulent pas et on a un petit peu de perte mais enfin c'est très très minoritaire...

[41:10 Y compris pour les reprises d'étude ?](#)

41:13 Alors, les reprises d'études, c'est là qu'on a le plus gros risque, en fait. Parce que, reprise d'études, bon en plus c'est un concours interne donc voilà... c'est interne... on peut pas être tout à fait aussi secs avec des attachés qui sont dans la maison, qui ont préparé le concours, qui ceci cela, qu'avec des gens qu'on ne connaît pas, qui ont passé un concours "*bah tu y es, tu y es pas !*". Donc, y'a des fois, des jurys un peu douloureux de ce point de vue-là, et puis surtout, la plasticité du cerveau c'est pas la même à 45 ans qu'à 22 ans... Et comme...

[41:53 D'autant plus que la formation est loin derrière...](#)

41:56 Voilà... et comme effectivement la lettre de mission de l'INSEE en gros c'est "*vous les passez à la même jauge que les autres !*", on essaie un peu de faire un peu gaffe, mais enfin

y'en a qui se le prennent vraiment dans la figure... pas tous, et même c'est minoritaire, mais enfin, c'est là qu'on a... et puis c'est des cas humains... pfff, faut les porter, quoi, hein ! Je vais te dire, quand tu as quelqu'un, parce que eux, ce qui peut arriver si tu veux, ils étaient contrôleurs, ils ont passé un concours pour accéder au rang A. Ils arrivent ici, on voit que ça le fait pas, on les renvoie sur leur poste en leur disant "*t'as pas fait l'affaire !*"... T'imagines le truc....

42:50 Et ça y'en a combien ?

42:52 13

43:03 La dernière partie c'est plus spécifiquement sur un enseignement...

43:15 Les cours de "Modèles linéaires généralisés", c'est celui-là le plus intéressant... de ton point de vue, je pense...

43:27 Est ce que tu peux le présenter rapidement ? Quelle spécialité, quel niveau, quel type d'enseignement ? Quel volume ?

43:40 Alors donc, c'est un cours de "**Modèle Linéaires Généralisés et Régression sur Variables Catégorielles**", c'est le titre entier. Ce cours-là est **promotion entière**, en **deuxième année**, donc bac +4. On considère enfin... que c'est un des outils dont on est à peu près sûr que quasiment **tous les attachés vont se servir un jour dans un cadre professionnel**, donc faut pas qu'ils le loupent ! Cela dit, il n'est pas très long en lui-même puisqu'il fait **15 heures de cours magistral et 9h de TP**, mais en fait **dedans ce qui est entre guillemets caché, c'est que les fameuses 50 heures de régression linéaire** dont j'ai parlé avant, elles sont en amont. Donc on part de "*Vous avez vu toutes les problématiques globales liées au modèle de régression, et là, on va regarder beaucoup plus spécifiquement ce qui se passe (en gros ce qu'on appelle "modèle linéaire généralisé") quand les sorties entre guillemets sont discrètes et notamment, quand c'est des sorties 0/1. C'est-à-dire typiquement, on veut prévoir "Est-ce que quelqu'un va être atteint par telle maladie ou pas ? Est-ce qu'il va acheter tel produit ou pas ?"*".

Ce genre de choses...

45:04 Qu'est-ce que cette enseignement peut apporter au quotidien et comment tu le présentes aux étudiants ?

45:22 Je le présente (je peux sortir mes notes de cours pour me rappeler comment je le présente...) Je le présente comme j'ai dit là : "*c'est un truc dont je peux à peu près garantir que quasi chacun d'entre vous en aura besoin dans le cadre professionnel*". Donc **je donne un paquet d'exemples** (de toute façon c'est pas dur, je pourrais le renouveler tous les ans, aux vues des projets, des stages et des trucs comme ça), d'exemples de situations où la question posée, la réponse c'est "*eh ben on va faire, en gros ce qu'on appelle une régression logistique*" (pour prendre le cas le plus simple et puis on voit aussi des extensions un peu plus compliquées). Et je leurs dis "*Ça, ça rentre dans le cadre des modèles de régression que vous avez vus jusqu'à plus soif... et donc vous avez l'impression d'avoir tout vu avec les modèles de régression tellement on vous en a fait voir, et là je vais vous donner un ou deux cas complètement... et vous allez vous rendre compte que ça n'a pas de sens d'utiliser les modèles que vous connaissez, parce que voilà... ça n'a pas de sens, donc ça veut pas dire qu'on repart à zéro, ça veut dire que maintenant on sait ce que c'est qu'une régression, maintenant il va falloir trouver l'outil de régression adapté...*"

46:40 Donc pas de différence entre les provenances des étudiants ?

46:45 Non, là c'est promo entière...

46:48 Ça rejoint quelque chose qu'on a déjà abordé, mais le niveau de détail et d'abstraction dans le contenu mathématique.

46:55 Là c'est la moment, je pense (faudrait que je vérifie) que dans ce cours-là **je ne démontre aucun théorème**. Et je pense que c'est le début. C'est vraiment, pour eux c'est les

premiers cours où, quand il y a un résultat où il y aurait besoin d'une démonstration, **je donne la référence** livresque etc., mais ce qui est important, si je leur dis "*cette statistique-là, si votre hypothèse elle est vérifiée, elle converge vers un Chi-deux à tant de degrés de liberté, donc vous aurez besoin de faire ce test-là pour vérifier cette hypothèse-là*", la démonstration de la convergence de la statistique, ils iront la voir si ils veulent.

47:37 Toi, tu estimes qu'ils ont le bagage pour le faire ?

47:39 Oui !

47:41 Et pour l'utilisation d'outils en pratique (ça peut être technologique, mais pas seulement) ? Les considères-tu comme des boîtes noires ?

47:48 Alors, des logiciels, des choses comme ça... justement, non. Bien sûr que non ! Il sont des cours spécifiques sur les logiciels statistiques, notamment les deux plus utilisés qui sont "SAS" et "R". Donc ils ont vraiment une formation spécifique à ces outils-là...

48:13 En amont ?

48:15 En amont, en amont... Et là, en gros, le truc c'est "*C'est des ingénieurs, donc ils sont garants de tout ce qui sort et jamais ce qu'a sorti le logiciel n'est considéré comme une réponse valable !*" Donc **ils ont vraiment, la maîtrise des paramètres**, ils savent ce qu'ils font. Par contre, évidemment, donc le logiciel, c'est un truc un peu mieux qu'une calculatrice quoi, mais essentiellement, ça permet d'arriver au bout des calculs, mais "*Quels calculs il a fallu faire ? pourquoi ? Dans quel but ? Et comment on interprète les résultats ?*" Ça c'est eux !

48:53 Ça, c'est une attente ? Généralisée à tous les cours mais dans ce cours-là en particulier, c'est une attente...

48:56 standard ! C'est là qu'on dit qu'on forme des ingénieurs.

49:09 Le programme, il est fait par qui et dans quelles conditions ?

49:20 Globalement, on a une réflexion globale sur "Entre le moment où un ingénieur rentre et le moment où un ingénieur sort, quelles sont les cases par lesquelles il doit être passées et à quel prix et comment ?"... Typiquement, isoler ce cours-là, c'est un truc qui ne va pas complètement de soi... On pourrait le mettre dans un cadre beaucoup plus général de "régression" mais comme on a déjà un cours assez gros, on a décidé qu'on faisait un gros, en fait le premier cours, c'est sur les modèles gaussiens, donc on met le paquet sur les modèles gaussiens et après quand on va voir d'autres modèles, on fait toujours référence à celui-là, ça fonctionne assez bien par similarités/différences. Par exemple, y'a des problématiques que vous trouvez dans tous les TD, des problématiques de sélection de modèle, c'est "*Dans tous les modèles de régression les idées forces, c'est les mêmes et voilà, dans ce cadre particulier, ça se décline comme ça...*", donc voilà.

50:23 Est-ce qu'il y a des ressources particulières que vous utilisez pour fabriquer les cours et les programmes ? Par rapport à l'INSEE peut-être ?

50:36 Non, l'INSEE nous laisse une assez grand, justement l'INSEE, alors fait un espèce de contrôle ex-post mais considère que justement, puisqu'il ont voulu s'appuyer sur une expertise universitaire extérieure, c'est nous les experts. Donc **on fait quand-même essentiellement notre programme nous, enfin on fait nous-mêmes notre programme**, et ce cours-là, son contenu essentiellement, on discute entre collègues, on se base sur des bouquins (y'a quelques références excellentes) et on a quand-même l'évaluation ex-post par les élèves.

51:14 Les supports utilisés principalement ?

51:17 Là, dans mon cas, ça c'est plus lié à moi qu'au cours, moi je donne une **bibliographie** (on a une excellente bibliothèque, mais vraiment extraordinaire ! Donc on a un accès à la documentation dont on rêverait dans n'importe quelle université... donc j'encourage énormément les élèves à en profiter...), donc je donne des références, je donne généralement plusieurs références en leur disant qu'au niveau où ils sont, c'est à eux de voir quel est le type

de bouquins dans lesquels ils sont à l'aise. Moi, je leur donne plusieurs bouquins que je trouve intéressant à plusieurs titres, après ils font leur marché, en gros... là sur "modèle linéaires" y'a deux bouquins (c'est très rigolo parce qu'on discutait entre collègues, et y'a vraiment deux bouquins : on est soit "Agresti", soit "Hausmer & Lemchau"), mais c'est deux excellents bouquins... je veux dire, moi, je suis peut-être un peu plus "Hausmer & Lemchau", mais j'ai toujours l'Agresti derrière, au cas où. Et puis y'en a d'autres... donc grosse bibliographie.

Je ne fais pas de poly parce que je considère que la **bibliographie elle est bien mieux faite** que n'importe quel poly. En revanche, je fais des **compte-rendus de cours très exhaustifs**. Je pourrais t'en sortir. En gros, sur un cours de 3h j'ai 4-5 pages CM, "*Voilà ce que j'ai fait*", et je le fais après coup. Comme ça ils savent ce qui est fait, ce compte-rendu est transmis au chargé de TP, ça fait parti des **documents auxquels ils ont accès pendant les examens** etc. mais au moins, on sait ce qu'il y a dans le cours.

Donc, je fais ça et sinon, y'a les **supports des TP**.

[53:08 Supports qui sont faits entièrement par toi ou par l'équipe ?](#)

53:12 Oui, voilà, on dire ça comme ça...

[53:14 Un peu à part : quelle importance donnée à la collaboration entre les étudiants ? Quels attentes ?](#)

53:38 Ça bah c'est justement le fameux projet dont je t'ai parlé, voilà, on est en pleine actualité. C'est un **projet** qui se fait par groupe de 4 en gros, en deuxième année, qui donne lieu à un **rapport**, qui donne lieu à un **poster** et qui donne lieu à une **soutenance**, avec un **jury présidé par quelqu'un qui est extérieur à l'école**.

[54:19 Ça rejoint la dernière phase concernant le type d'évaluation que vous pratiquez...](#)

54:36 Ça c'est toujours une immense... moi je fonctionne alors... on n'a jamais réussi à se mettre complètement d'accord là-dessus parce que voilà, à chaque fois y'a des trucs avantages/inconvénients. Globalement, si je parle de moi : moi **j'aimerais que quasiment tout soit évalué sous la forme projets**, le problème que c'est juste pas possible du point de vue chronophage évidente... et **encore plus pour les élèves que pour les profs**. Donc, y'a beaucoup d'**examens standards**, éventuellement complétés d'un **TP noté**... Sur ce cours-là, il n'y a qu'un examen. En fait, la raison c'est que comme il n'y a pas énormément d'heures qui sont dévolues, 24 heures, je veux pas qu'il y ait un ajout d'heures extraordinaire, voilà, sinon, ça serait beaucoup mieux...

[55:37 Et c'est toi qui fait les sujets ?](#)

55:38 **C'est moi qui fait les sujets**, oui.

[55:40 C'est des exercices ? Des problèmes ?](#)

55:42 Alors, je peux te sortir celui que j'ai fait. Essentiellement alors là, justement, là je suis dans le **mixte**, c'est beaucoup on pourrait dire on pourrait dire "**une analyse intelligente de sortie logicielle, avec éventuellement des apports éventuellement des apports mathématiques en plus**".

[55:57 Ah oui, c'est bien...](#)

55:59 Merci (rires) !

[56:01 Je veux dire que c'est pile à la confluence de ce que l'on a raconté...](#)

56:06 Oui ! Et par ailleurs, une spécificité, c'est que pendant mes examens, je donne toujours accès aux documents.

[56:20 J'ai fait le tour de ce que je voulais aborder... Est-ce qu'il y a quelque chose que tu voulais ajouter ?](#)

56:25 Non, je trouve que c'est déjà pas mal... je pense que voilà, l'idée, c'est vrai, bon je rigole sur le truc avec Ghislaine, et puis je rigole vraiment quoi ! Mais quelque part au fond de moi je

suis assez sérieux quand je dis "**on forme des ingénieurs !**". Et avec cette chose effectivement c'est que **nous, on est science auxiliaire**. Y'a très très peu, **un infime minorité de nos étudiants, nos élèves, qui vont se retrouver à faire des statistiques pour statisticiens et avec des statisticiens**, quoi ! Ils vont bosser pour une boîte de marketing, pour une grosse industrie (Renault, EDF, Thalès, que sais-je...), pour des labos pharmaceutiques, pour...

57:27 Et à ton avis, une fois qu'ils ont intégré ces boîtes-là, ils ont quel rapport avec les autres ingénieurs (en mécanique, par exemple, chez Renault) ? Quelle est leur place dans l'entreprise ?

57:42 C'est très évolutif. À tous les sens du terme. La reconnaissance est beaucoup plus grande qu'elle était il y a 10 ans et elle est beaucoup plus grande une fois que quelqu'un est rentré dans la boîte. Après évidemment ce qu'ils demandent (mais moi je trouve ça très légitime) souvent une **formation spécifique au contexte**. On par exemple, le cas de quelqu'un qui a été embauché à la SNECMA à faire des moteurs d'avions (ce mec-là il rêvait, voilà, il a réussi à se faire embaucher !)... C'était, je crois, le premier statisticien pure jus donc, qu'avait pas vu un cours de physique..

58:28 L'objectif de l'embauche, c'est quoi dans ce cas-là ?

58:32 En l'occurrence c'était un **objectif de type fiabilité** mais pas au sens "sûreté de fonctionnement", au sens y compris **"optimisation des paramètres"**. **"Sûreté de fonctionnement", c'est un truc qui est à peu près bien connu**... Là, sur le terme on a besoin, parce que ça nous permet d'**affiner nos paramètres** en regardant, voilà... "*Dans nos essais prototypes, on a des tas de données finalement, on n'est pas si intelligent que ça pour tirer... on doit pouvoir en gratter plus et personne chez nous ne sait gratter plus que ce qu'on fait là...*" Et bon, donc ce mec-là a réussi à se faire embaucher à la SNECMA et **il lui ont demandé de suivre pendant un an, en parallèle il bossait, mais il a fait une formation de motorisation**. Il ne demandait que ça, le type ! Mais voilà, ça c'est bien, je veux dire... effectivement ils ne voulaient pas d'un statisticiens hors sol qui travaille "*Donnez-moi les chiffres, je vais vous donner la réponse !*" (rires) ... ce qui est toujours extrêmement dangereux évidemment... Donc **quelqu'un qui puisse mettre les chiffres en contexte** et dans celui particulier de la motorisation d'avions...

59:45 Pour lui, si c'était son rêve...

59:48 Lui, le truc c'est... je te raconterai mais ça c'est presque hors-sujet, mais lui c'est presque un conte de fées son histoire... Parce que en fait, c'est un type qui n'a pas très bien réussi ses deux premières années et qui voulait aller dans notre filière "Banques-Assurances", une année où il y avait trop de monde. On a été sélectifs et il n'a pas passé la sélection... Ça a été.. le monde s'est écroulé ! Alors, "*C'est quoi ton deuxième choix ?*" et on a une filière qui s'appelle "Génie statistique", une filière un peu polyvalente et notamment qui donne sur la débouchée de l'industrie. En gros, y'a un certain nombre de gens, dans son cas qui ont choisi cette filière-là avec l'idée "*Puisqu'on peut faire tout à partir de cette filière-là...*" Et lui, il s'est passé un truc, il s'est dit "*C'est quoi, au juste ce que j'ai envie de faire ? C'est quoi ma passion ?*" et la réponse ça a été "*C'est le sport automobile !*" Ça, je l'ai appris un peu après. Je l'ai appris quand il a réussi à se dégoter un stage de troisième année à Renault-Formule 1. Et donc, il a fait un stage à Renault-Formule 1 qui s'est super bien passé. Alors là, il était complètement, enfin voilà... la métamorphose du gars ! Et à la suite Renault a dit "*Bon, là on n'a pas forcément le truc... on pourrait avoir de choses mais enfin ça va pas être complètement... on te retient, mais ça serait bien que tu restes dans un environnement qui puisse apporter quand tu reviendra chez nous...*" Et c'est comme ça, je pense que c'est les gens de Renault qui l'ont recommandé auprès de la SNECMA... Donc la SNECMA le prend et il s'est tellement épanoui là-bas que quand Renault

est allé le chercher, il est resté à faire ses moteur d'avions !! Je pense qu'il y est toujours ! Et c'est vraiment une histoire... voilà c'est des parcours d'élèves, du vrai ! Et d'autres qui ont suivi... un fois qu'il est là les gens ils disent "*ah ouais, il nous faut des statisticiens, quoi !*" (rires)... Et c'est indubitablement un ingénieur !

[FIN]

9 juin 2017
Marianne

00:27 Marianne, j'ai **38 ans**, je suis **maître de conférence à l'[ECOLEMARIANNE] depuis 2005...**

00:47 L'[ECOLEMARIANNE] c'est une école...

00:48 Une école d'ingénieurs en 5 ans, post-bac qui fait partie des grandes écoles d'ingénieurs. C'est une école d'ingénieurs publique. On a une sélection sur dossier juste après le bac, donc on prend en général des très bons qui viennent du bac, sur dossier et entretiens, pour vérifier aussi un petit peu leur motivation et leur côté (qui rassemble un peu sur l'[ECOLEMARIANNE]) **valeur humaniste** un petit peu. Et puis, on a une grande partie de nos étudiants qui arrivent en post-bac et **1/4 des effectifs qui sont complétés par des gens qui viennent "de l'extérieur"** comme on dit, donc des **licences**, des **IUT**, en majorité pour l'instant en tout cas, tant que les IUT n'ont pas complètement muté, là... et puis **quelques prépas**, qui viennent compléter.

01:43 Toi, ta formation... ?

01:44 Moi, ma formation, donc je repars du bac ?

01:48 Par exemple, ou du CP si tu veux...

01:50 Alors, le CP... Le CP s'est bien passé... (rire) ! Nan, moi je fais partie de ceux qui n'ont pas beaucoup bougé puisque je suis rentré à l'[ECOLEMARIANNE] en tant qu'**élève, en post-bac...** je suis rentré en première année directement en tant que sportive de haut niveau. J'étais sportive de haut niveau en basket, donc j'ai fait mon premier cycle en 3 ans au lieu de 2, j'ai eu des aménagements. Puis après j'étais blessée donc j'ai arrêté le basket mais j'ai continué les études et donc j'étais **diplômée en 2002, de l'[ECOLEMARIANNE] dans un département qui s'appelait "Génie électrique"** est qui s'appelle maintenant "Electronique et informatique industrielles". Et en parallèle, j'ai eu un **DEA (à l'époque) sur le Signal Télécom - Images Radar** à l'Université de Rennes 1, et donc j'ai eu un double diplôme cette année-là. J'ai continué après j'ai fait **ma thèse, à l'[ECOLEMARIANNE]**, parce que j'aimais bien...

02:47 Dont le thème était ?

02:48 Dont **le thème était "La compression d'images"**... voilà, "Compression et représentation des images". Et puis j'ai eu un poste d'ATER en 2004 et en 2005 j'ai un poste de Maître de Conférence. Et puis j'ai passé mon **HDR en 2012** et j'ai changé en même temps, et de département, et de laboratoire, puisque **je suis au département informatique** maintenant et au laboratoire à l'IRISA.

03:20 Et est-ce que tu as eu dans cette formation un moment de formation spécifique d'enseignement ?

03:24 Alors, à l'époque j'ai eu un monitorat ! C'était bien ! J'étais contente ! Donc **pendant ma thèse j'ai eu un monitorat**, et on a eu les **formations un peu professionnalisantes** du point de vu enseignement, c'était euh... la seule vraiment que j'ai eu c'était plutôt sur **le placement de la voix**. Comment placer la voix ? C'était déjà pas mal ? Et puis c'est tout ! Et je me souviens que y'avait un mec du ministère (alors à époque je ne sais plus qui était venu) qui était venu à Rennes 1, à l'époque où on avait tous les moniteurs de la région Bretagne qui étaient là. Et puis, il nous baratainait et tout, et puis j'ai levé la main et j'ai dit "*moi je ne comprends pas, moi ça fait trois ans, là je suis en fin de thèse, ça fait trois ans que je suis monitrice, j'ai eu aucune formation sur la pédagogie !*" Et là il m'a dit : "*Oui mais dans "pédagogie" y a "péda", "péda" c'est pour les enfants ? Et là vous avez affaire à des adultes donc vous vous démerdez !*"... Voilà ! Donc ça c'était la formation que je n'ai pas eue... Et la seule chose que j'ai eue comme idée c'est que y'avait une partie de **mes collègues de l'autre département qui étaient partis en fait à Louvain-La- Neuve où y'a des des expérimentations pédagogiques**, enfin y'a une

équipe pédagogique, des ingénieurs pédagogiques à la disposition des enseignants et ils leurs ont expliqué l'**apprentissage par projets**, l'**apprentissage par exercices**... Donc ils sont revenus avec un certain nombre d'idées que moi j'ai appliquées.

04:56 C'était une expérience de quelques mois ou... ?

04:59 Non, non c'était une formation de deux jours...

05:03 Les spécialités de l'école c'est globalement ?

05:07 Alors, y'a 6 départements de spécialité. Là, je suis dans le département "Informatique" et y'a "**Electronique et Informatique et Industrielle**", "**Génie Mathématique**", "**Systèmes et Réseaux de Communication**", "**Génie Civil**", "**Génie Mécanique et Automatique**" et "**Science et Génie des Matériaux**".

05:25 Toi, quels cours tu dispenses cette année ? Quels étudiants, quels niveaux et aussi quels types d'enseignements ?

05:36 Je fais pas toujours des cours qui sont en rapport avec ma recherche en tout cas. Mais j'enseigne... je fais de la **remédiation en mathématiques** pour le département "informatique" et le département "Informatique et électronique industrielle", donc pour des entrants de **troisième année, essentiellement des IUT** dans l'idée de **remettre un petit peu à niveau, et puis d'essayer de les intéresser aux maths** (rires). Donc, tu veux que je dise un petit peu comment je m'organise du coup ?

06:10 Oui , quel type de cours, etc. ?

06:14 C'est **sous forme de TD**, euh... **cours/TD** parce que j'ai une partie où je fais des petits rappels mais... et j'organise toujours mes **TD par groupes d'étudiants, donc 5 à 6 étudiants**. Et l'idée c'est que je mette quasiment **rien au tableau** mais que **la solution vienne d'eux-mêmes**. Donc c'est vachement intéressant parce que finalement ça les fait travailler. Beaucoup plus que quand on les met, je trouve, en rang d'oignon, où ils attendent qu'on leur donne la solution. Là, comme je ne mets rien au tableau, ils sont bien obligés de faire quelque chose... Et ceux qui sont un peu plus avancés sont obligés de formuler un petit peu aux autres, donc ça c'est intéressant. Moi **je suis là pour animer** un petit peu finalement les groupes ou les **titiller avec des questions** ou **quand vraiment ils sont bloqués les aider**. Mais ça demande un peu d'énergie parce que circuler entre les groupes, et puis **on a des fois des questions hyper surprenantes**... mais c'est vachement intéressant comme façon je trouve... en tout cas...

07:20 C'est quel volume à peu près ?

07:22 Là c'est **26 heures de TD** en tout début d'année. Après je fais des **cours en assembleurs, en architecture des calculateurs**. Donc là y'a des **cours magistraux, mais pas beaucoup**, où j'essaye de pour l'instant de faire un peu **des trucs à trous**, voilà, **pour essayer de les motiver**... c'est pas toujours facile, enfin surtout quand on a **un tout petit volume horaire** on essaye de faire passer le maximum de trucs...

07:56 Tout ça c'est sur le même enseignement ?

07:59 Non archi... un autre. **Sur l'archi** voilà, **je fais des TD aussi par groupe, donc ils sont 40**, donc euh... au bout de 2 heures je suis (rires!). Et puis **des TP**, donc là **c'est des groupes de 20**...

08:20 Dans quel domaine ?

08:22 **Archi toujours et assembleurs**. Donc là j'ai essayé **d'innover** en mettant un peu des **plateformes de Raspberry**, tu vois, leur faire faire des trucs...

08:33 Mais pas sous forme des projets par exemple ?

08:35 Non, alors j'enseigne aussi sur des projets ! Sur des **projets qui durent toute l'année, en 3ème ou 4ème année en info**. J'essaie... comme je bosse en recherche sur de la robotique d'assistance aux personnes, j'essaye de **faire intervenir des médecins ou du personnel du monde médical ou social** de façon aussi à ce qu'ils servent un petit peu sur des... voilà... Et

puis, dernier cours que je fais, qui est enfin en relation avec ma recherche, j'ai monté un **modèle de robotique** : dans l'idée c'est vraiment de **l'initiation et faire un pont avec un certain nombre de cours qu'ils ont vus avant**. mais voilà... et donc ils montent un robot, donc un informaticien qui prend un tournevis, ça c'est quand-même assez drôle (rires) et puis après **ils assemblent le robot, il doivent le programmer, réaliser un petit parcours et à la fin on les met en challenge**. On les chronomètre, il ont des trucs à passer, etc. et donc y'a une petite compétition qu'on fait...

09:50 C'est sur combien de temps à peu près ?

09:51 **26 heures** aussi.

09:57 Toi, pour ce qui est de la partie maths, tu te considères comme spécialiste/experte ou plutôt non ?

10:17 Spécialiste ou experte ?...

10:23 Sachant que tu n'as pas suivi de formation en maths... c'est difficile de mettre le curseur...

10:30 Dans la vie de tous les jours, **en recherche, je fais que des maths**. Enfin j'utilise de l'algèbre, tous les jours, je fais de l'optimisation tous les jours, voilà ! Donc je suis plus utilisatrice, mais donc je suis **pas experte au sens de quelqu'un qui aurait fait un pur parcours maths**, par contre, ce que (et c'est peut-être la raison pour laquelle on m'a confié aussi la tâche de faire la remédiation dans les départements de spécialité que je connais) c'est que je suis capable de **faire des liens entre l'outil mathématique et l'applicatif derrière**...

11:09 Ça c'est effectivement très intéressant...

11:11 Et donc euh... je pense que j'ai pas un sale niveau en maths, je suis capable de leur expliquer, je suis **capable de rebondir**, je suis capable d'essayer d'aller vers de **l'intuition**. Donc je suis **peut-être pas hyper calée sur tout ce qui est démonstration formelle** etc. mais j'essaye de leur donner de l'intuition sur ce qui pourrait se passer vis-à-vis des **problèmes qu'ils pourraient rencontrer**.

11:37 C'est la transition idéale pour la deuxième partie ! Maintenant, on va se focaliser sur la partie mathématique de ton enseignement...Donc, toi, quelle est ta vision des mathématiques dans les spécialités dans lesquelles tu enseignes ? (...)

12:47 Pour les contenus : j'espère que nos contenus sont en lien avec ce qu'on attend d'eux... les contenus sont plutôt peut-être avec des labellisations ou d'intitulés de cours qui sont orientés informatiques : "**Graphes et algorithmes**", "**Analyse de données**", "**Acquisition de connaissances**", ça fait partie des outils mathématiques qui sont vraiment **orientés pour l'informatique**. Donc, à partir de la troisième année on a quand-même (à part au début effectivement où ils font beaucoup de **probas**, voilà, mais bon la **statistique en informatique** y'en a quand-même vachement besoin !) ils ont des **cours assez génériques, mais qui au fur et à mesure de leur parcours vont se spécialiser** en fait. C'est un peu l'idée qu'on en a...

Ce qui est clair c'est qu'ils ont quand-même du mal, de plus en plus on trouve (alors ça fait peut-être un peu vieux con de le dire) mais **avec tout ce qui est "démonstration formelle"**...

13:53 Justement quelles sont tes attentes à ce niveau-là ? Attends-tu une maîtrise des aspects théoriques ? Ou alors considères-tu les maths comme une sorte de "boite noire" ?

14:09 Pour nous, **les maths c'est pas une pure boite noire**. On ne peut pas imaginer... à part, objectivement pour quelqu'un qui irait pisser du code (mais à ce moment-là à la limite, une boîte n'a pas besoin d'un ingénieur pour pisser du code, hein ? Il peut demander enfin, ce qui est le boulot de quelqu'un qui sort d'un IUT, et c'est d'ailleurs dommage, on peut peut-être se poser la question de pourquoi les boîtes n'embauchent pas suffisamment d'IUT voilà...), mais **un ingénieur doit quand-même être capable d'aller vers des outils ou des modélisations, une abstraction suffisante pour pouvoir modéliser son problème et aller plus loin dans la**

résolution de son problème. Donc l'idée c'est à mon avis de **leur donner des méthodes et évidemment avec des outils mathématiques, mais au moins des méthodes de résolution de problèmes qu'ils pourront ensuite appliquer n'importe où.** Ce que je dis tout le temps : *"on leur apprend à apprendre et vite"* ! C'est ça qu'on essaye de...

15:15 avec j'imagine une...

15:17 une **rigueur**, ouais, c'est ça ! Qu'ils ont du mal à percevoir parce que ça les fait chier, enfin je veux dire... ça fait chier tout le monde de faire une démonstration... faut être clair (rires)... mais finalement le fait d'essayer de bah tant pis, de marteler, d'avoir une **rigueur sur la démonstration ça va faire aussi que ça structure leur pensée et puis quelque part après ça accélère aussi leur fonctionnement...** mais l'outil mathématique ils en ont besoin...

15:48 Et donc, selon toi, dans l'industrie, quels vont être les apports de cette formation en mathématiques ?

16:01 C'est la **méthodologie** ! En tout cas pour ceux qui après ne vont pas utiliser l'outil mathématique en tant que tel, ils auront au moins ce **formalisme**-là. Et puis quelque part même s'ils vont effectivement vulgairement pisser du code, tout ce qu'ils auront fait de façon formelle sur des bases de données, voilà, ils seront capables de retraduire ça. Après y'a des gens qui vont bosser, on en a une part non négligeable qui bossent vraiment avec au quotidien je sais pas, de l'analyse du geste, l'analyse du langage, de la grammaire... je sais pas, de la robotique, ce qu'on veut, mais y'en a un certain nombre quand-même qui utilisent après des outils mathématiques.

16:48 Lesquels en particulier ? Tu as parlé d'algèbre etc...

17:20 ouais, l'algèbre, ça c'est quelque chose...

17:22 Algèbre linéaire ?

17:23 Algèbre **linéaire et non linéaire**...

17:27 C'est-à-dire quoi ? la théorie des groupes etc. ?

17:30 Oui. Oui, ils font de la **crypto** aussi, donc tout ce qui est groupes, anneaux, corps, voilà... Ça c'est important, pour certains, il y a une part... Y'a 1/4 des étudiants qui choisissent l'**option sécurité**, donc... ils bossent dessus. On a...

17:50 L'outil matriciel ?

17:53 **Calcul matriciel** dans tous les sens ! Ouais..

17:56 Analyse ? Qu'est-ce qu'il y a besoin en analyse ?

17:58 En Analyse, il font surtout de l'**optimisation**. Tout ce qui est classification.

18:06 Fourier ?

18:07 **Fourier**, non ! Non, clairement non, c'est **plutôt la spécialité E2I**, ça ! Où là ils vont vraiment faire du traitement du signal, traitement d'images. Donc ça c'est **plutôt ce que je leur fait effectivement en remédiation en maths en E2I. En remédiation, je leur refais plutôt tout ce qui est outils intégral** quoi. Calcul intégral, je donne l'intégrale de **Lebesgue** du coup, comme il faut quand-même s'amuser un peu.

18:32 Tout ce qui est là-dedans ?

18:35 Oui, tout ce qui est là-dedans. Après tout ce qui est **probas-stats**, ça c'est des trucs qui réutilisent.

18:41 Qu'est-ce que c'est comme type de probas et de stats ?

18:45 Ça reste assez **basique**. Alors y'en a qui font des **tests**, lorsqu'ils vont vers tout ce qui est **big data**, ou **fiabilité**... Ouais y'a quand-même pas mal de...

18:57 Et probas ?

19:00 Alors c'est plutôt des gens, ceux qui vont vraiment sur de la **probabilité pure**, mais c'est plutôt des gens qui vont aller vers de la **R&D** quoi on va dire...

19:17 Sinon, toujours sur les maths, as-tu des collaborations avec des collègues ou avec le

monde extérieur ?

19:48 Oui, pour ma part, oui. Alors peut-être de part mon domaine de recherche... au sein de l'[ECOLEMARIANNE], je travaille avec des gens de **génie mécanique et automatique**, sur de la **robotique**. Tout ce qui est **modélisation dynamique d'un système ou cinématique d'un système**, qui ensuite peuvent rentrer dans notre boucle de commande de la robotique : j'ai une thèse là qui est co-encadrée avec un collègue de génie mécanique. Voilà, là **on parle maths**.

Je travaille aussi avec des gens de **E2I sur la partie traitement d'images**. Donc là aussi, on joue avec les **filtres de Kalman**, enfin voilà, des trucs un peu... pour faire du suivi... voilà dans les vidéos etc. qui là aussi peuvent rentrer dans mes boucles de commandes de robotique. Donc là, on a des **échanges mathématiques, même si on n'est pas des mathématiques pures...**

Et oui je bosse aussi, dans le cadre de **projets collaboratifs, ceux qui ont le mieux marché et qui du point de vue mathématique sont rentrés dans la boucle...** avec des chercheurs de Grenoble, dans le **RIL Grenoble** avec une nana qui fait plutôt des **réseaux bayésiens** etc.

Et puis, je bosse avec une boîte [nom ?] à qui on a fait du **transfert technologique** de ce qu'on a fait, pour qu'ils vendent le produit associé. Et l'ingénieur qui est là-bas c'est un de mes anciens thésards et on passe notre temps à **échanger sur les aspects mathématiques**.

21:30 **Quels sont tes constats sur les étudiants ? Lacunes récurrentes ? Motivation ?**

Différences selon la provenance de cycle prépa ?

22:00 Ça, ouais, c'est très clair ! Là, surtout je fais de la remise à niveau : c'est évident ! Alors, ceux qui viennent du premier cycle à l'[ECOLEMARIANNE] ça roule quoi, en général ça roule. Ils oublient... par rapport à une prépa aux grandes écoles, tu dois connaître ça, **ils ont l'avantage de ne pas avoir la pression non plus du concours donc quelque part, ils assimilent bien...** je trouve...

22:38 **C'est un peu plus spécifique en plus...**

22:39 C'est un peu plus spécifique, on peut déjà commencer à les titiller un petit peu sur des notions ou des applicatifs qui seraient plus proches de ce qu'ils auraient envie de faire, donc c'est un peu plus sympa, je pense. **Ceux qui viennent de CPGE n'ont pas de problème du point de vue mathématique, ils ont des problèmes plutôt liés aux méthodes de travail.** Parce qu'on leur a appris à **résoudre très très vite des exercices-types** et dès qu'il s'agit d'aller dans **l'abstraction ou dans la modélisation d'un problème nouveau, ou même travailler en groupe...** En général, nous les prépas, même si on prend les meilleurs des prépas, c'est compliqué. La troisième année est une marche importante pour eux, pourtant on pourrait se dire...

Et ceux qui viennent de **licence**, en général, ça se passe bien, parce qu'ils sont **autonomes** pour le coup. Eux, **ils ont bossé** comme des cons pour arriver jusque là et globalement...

23:34 **En plus vous avez les meilleurs...**

23:35 On a les meilleurs, nous c'est vrai qu'on est spécifiques par rapport à ça : on a les meilleurs donc en général ça roule. Et moi je fais de la remédiation pour les IUT. Et donc, là par contre **mathématiquement : waouh !**

23:49 **C'est quoi les problèmes récurrents alors ?**

23:50 Même une **factorisation de base**, ils ne savent plus faire ! Je ne sais plus... sur une intégrale, je le fais tous les ans, rien que pour (pas pour l'intégrale, j'en ai rien à fiche finalement), mais c'est simplement pour leur remettre... il faut qu'il factorisent. Donc y'a une racine "racine de $a^2 + x^2$ ", donc il faut qu'il mettent " a racine de 1 plus x^2 sur a^2 ". Bah, j'en ai pour 1 heure (rire) ! Ça donne... Et parce que c'est pas maîtrisé, je pense que c'est pas maîtrisé, ils ont oubliés des bases de... enfin... logarithme népérien, on n'en parle même plus quoi !

24:42 **C'est plutôt ça qu'un manque de motivation ?**

24:44 Oui, parce que en général ceux qui viennent, encore une fois c'est particulier parce que ceux qui viennent d'IUT, **ils sont dans les premiers d'IUT**, ils sont **motivés** pour venir, ils ont un peu peur quand-même voilà, de la marche. Donc quelque part, ils se disent "*faut que j'y aille !*" Et donc, ils sont quand-même **motivés**, et je pense que ça les motive de travailler en groupe. On a des enquêtes tous les ans, et manifestement, ça leur plaît beaucoup par rapport à leur formation où finalement ils étaient passifs. Et donc là, ils se sentent un peu acteurs et puis y'a une complicité qui se passe au niveau des groupes, donc ça les **remotive**...

25:21 [Les groupes sont mixtes ? Y'a pas de groupes de niveau entre guillemets ?](#)

25:26 Non !

25:29 [En mathématiques, le cours de remédiation dont on va parler juste après il est juste pour les IUT ?](#)

25:39 Mais alors avec des **IUT qui peuvent être aussi différents**. On a eu des IUT info, des IUT STID (Statistiques...). On a éventuellement un réseau télécom ou des Génie Électrique et Informatique Industriels. Alors **les GE2I en général sont meilleurs en maths**, parce que...

26:09 [Mais vous leur faites quand-même la remédiation... y'a pas de test d'entrée ?](#)

26:13 Non, **pas de test d'entrée**.

26:17 [Et c'est obligatoire ?](#)

26:18 Oui, enfin... c'est un **enseignement complémentaire, facultatif**, mais que j'ai rendu **obligatoire**. Et comme je suis responsable de la troisième année, ils n'ont pas le choix. Donc jusqu'à l'année dernière c'était un peu au fil de l'eau, c'était... pas au fil de l'eau... mais jusque mi-octobre... C'était un peu compliqué à gérer dans l'emploi du temps, enfin... Et donc du coup j'ai réussi pour la rentrée prochaine à ce qu'**ils rentrent une semaine avant les autres** pour qu'**on puisse bosser ensemble sur des petits groupes** pour qu'ils apprennent ensemble. L'idée aussi de pouvoir les faire venir avant c'est leur présenter tranquillement les locaux, comment on va fonctionner...

27:12 [Et dans l'idéal ? Le choix d'étudiants ? Les cours possibles ? Les volumes horaires ?](#)

27:45 Faudrait presque que ces notions de remédiation (pour régler cette problématique d'hétérogénéité, mais même au sein des gens qui viennent du premier cycle, y'en a qui sont en queue de promo. Forcément c'est pas le même niveau que... voilà)... **dans l'idéal ce serait qu'on puisse faire des points de remédiation, des modules de remédiation réguliers en fonction des nouveaux modules qui arrivent...**

28:13 [Plutôt que de faire un bloc au début...](#)

28:14 **Plutôt que de faire un bloc au début**. Mais on n'a pas trop le choix. Mais ça, ça serait... Et je continue à penser que oui... parce qu'**on pourrait imaginer que de les faire bosser sur des MOOC des trucs comme ça... mais le présentiel du prof, ça les booste quand-même quoi !** Enfin, d'après ce que j'ai vu... Et puis alors, c'est peut-être moi, ma façon de faire aussi, c'est que j'essaie, à chaque fois que je leur présente des notions de maths qu'ils ont faits, etc. **j'essaie de leur dire à quoi ça va leur servir**. Et ça je pense que c'est les truc qu'ils apprécient un petit peu. **Recontextualiser** les maths dans...

29:03 [Ce qui fait la différence aussi avec leur formation antérieure...](#)

29:06 C'est ça...

29:19 [Pour parler de cet enseignement de remédiation, tu peux me présenter rapidement... on a sans doute déjà dit des choses...](#)

29:45 Alors je fais pas exactement la même choses dans les deux départements, j'utilise le même support parce que voilà globalement... je fais plus d'algèbre côté info, et plus de calcul intégral pour le côté E2I.

30:04 **Toi concrètement, tu fais deux fois 26 heures de cours ?**

30:07 Ouais !

30:09 **Quels sont les objectifs ? Comment tu le présentes aux étudiants ?**

30:42 L'idée de l'enseignement c'est... mon objectif à moi c'est pas de... comme c'est des entrants de troisième année, en info ou en E2I, **c'est pas de les rendre meilleurs que des gens de prépa**. C'est pas possible, j'ai **que 26 heures**, c'est même pas envisageable. C'est **rafraîchir un peu la mémoire**, leur montrer que ce qu'ils ont vu à l'IUT (parce que ça c'est souvent le travers : "*oui mais moi j'ai vu ça à l'IUT, on faisait comme ça !*"), "*Oui, mais peut-être qu'il y a d'autres solutions pour arriver*"... donc essayer aussi de...

31:23 **Où le formalisme aussi peut-être ?**

31:25 Le **formalisme qui peut changer** ! Oh, des trucs tout bête en E2I, **à l'IUT la variable t c'est le temps**, pas de problème. Bah oui, mais si on l'appelle "zozo", est-ce que ça change quelque chose ? Donc essayer aussi des formalismes un peu différents. Des **méthodes de résolution un petit peu différentes** aussi parce que voilà, y'a pas une vérité unique, pour la résolution de problèmes... Donc j'essaie de les **rendre un peu curieux** là-dessus.

Rappeler que **les maths c'est important** (rires), mais que "*oui la marche va être haute aussi*", mais justement, en faisant des petits outils comme ça, et leur donnant un petit peu cette notion **d'intuition** : je regarde un truc, "*qu'est-ce je peux imaginer rien qu'en regardant le problème ? Quels outils je peux sortir de mon chapeau ?*" Essayer de réfléchir avant.

Et puis, mon enseignement... voilà, l'objectif c'est pas de les rendre meilleurs, c'est simplement vraiment de leur **recontextualiser**, redire "*voilà, les maths ça vous a fait chier en IUT et c'est pour ça que vous avez pas fait prépa*", en gros, pour la plupart, "*vous aviez pas envie...*"

32:46 **Parfois même le niveau en terminale n'était pas suffisant ?**

32:48 Exactement, mais "*c'est pas grave, on va y arriver !*", **désacraliser** les maths, démotiver... Et comme **je suis pas étiquetée prof de maths**, essayer aussi de leur dire que les maths, on s'en sert, **ça peut être sympa d'utiliser les maths**.

Et un autre objectif, c'est justement de **travailler en groupes**.

33:19 **Quel niveau de détails et d'abstraction mathématique tu attends d'eux ? Tu disais "recontextualiser les maths" ça veut dire que concrètement qu'est que tu fais ? Tu fais des exercices pures maths, ou est-ce que tu fais... ?**

33:34 Alors je mixe un petit peu, t'as peut-être dû voir, j'ai des choses très maths, et puis des choses plus... bah si tu veux y'a des trucs sur lesquels il faut qu'il reviennent. Y'a de l'automatisme, parce que les cours de tronc commun, qui sont faits par les matheux donc en probas, pour info/E2I et en analyse en plus pour les E2I sont vraiment des cours maths. Ils rentrent dans le truc. J'avais te dire, l'intégrale de Lebesgue quand ils là-dedans, ils repartent pas de la base ! Il reviennent pas à "*qu'est-ce que c'était que Riemann ?*" et "*Quelle est la différence avec Lebesgue ?*", et puis "*Comment graphiquement, on peut imaginer les choses ?*"

Donc, y'a des moments où les mecs ils disent "*oh, de toute façon c'est bon, hein ! L'intégrale vous savez le faire !*". Non, **ils ne savent plus faire** ! Donc y'a quelques éléments sur lesquels je suis obligée de revenir sur le calcul pur, et après je vais vers des trucs un petit peu plus... des sujets un petit peu plus orientés.

34:36 **Essentiellement sous forme d'exercices ?**

34:37 Oui, mais aussi dans tout ce que je dis... enfin c'est-à-dire que comme je fais des **petits rappels de cours**, minis, sans aller dans les démonstrations, parce que de toute façon, j'ai pas le temps, je peux pas. Mais à chaque fois que je redis:

"- *bah voilà, ah bah oui les intégrales, ah bah oui mais euh c'est pas fait que pour calculer des intégrales. Les intégrales bah ouais, en probas vous allez en avoir besoin et puis même si c'est pas tout à fait les mêmes intégrales, mais quand-même... Et puis ceux qui vont faire la*

transformées de Fourier, rappelez-vous, il faut quand-même...

- mais pourquoi j'ai besoin de la transformée de Fourier ?

- bah parce que vous allez faire du traitement du signal, vous allez voir dans tel et tel cours et puis après on peut faire tel et tel truc..."

C'est un peu un fil que je déroule...

35:18 Est-ce que tu utilises des logiciels ou autres pour les aider à faire les calculs ?

35:33 Alors sur les 26h, je fais 22h sur papier et **4h de TP Matlab**... juste 4h...

35:47 Sans programmation, juste des commandes ?

35:49 Ah non, non, ils programment ! Oui sachant que moi j'ai des IUT, donc ils ont déjà.. alors ceux qui viennent de GE2I ont déjà programmé Matlab, donc alors faut leur rappeler que Matlab, "mat" c'est matrices (rires) voilà. Ça permet de refaire un peu de programmation. Et pour les IUT info, ils ont jamais vu Matlab, mais ils savent programmer. Donc finalement ça va très vite.

36:19 Quel est le lien avec tes travaux sur papier ?

36:28 **C'est la suite : je termine en général par de l'algèbre donc je continue à faire des calculs de type matriciel sur le logiciel.**

36:40 L'outil pour toi, c'est une boîte noire ?

36:49 alors non, j'essaie de leur **montrer un peu les algo qui sont derrière**. Je leur fais programmer (le truc tout bête), **le pivot de Gauss**. Plutôt que de le faire à la main... Je les fais programmer réellement ! En essayant de leur montrer que comme c'est un outil matriciel, on peut l'utiliser **sous forme de matrices**. Donc, ils programment, et **après une fois qu'ils ont programmé ça, je leur montre qu'il existe déjà des choses intégrées et que ce qui serait peut-être intéressant, c'est justement de vérifier que le code qu'ils ont produit est conforme ou encore qu'il existe d'autres méthodes de résolution du même problème pour trianguler une matrice**. Enfin, voilà, il existe d'autres résolutions de problèmes et avec Matlab on est capable de voir les différents trucs. Et ça me permet de discuter un peu des différents... mais de façon assez informelle.

37:46 Ils ont du travail personnel ?

37:52 Non, tout se fait pendant les 4 heures. Ce qui est étonnant c'est que les E2I, normalement ont fait déjà beaucoup de choses. Normalement, ils ont déjà fait tout ça... Bah ils vont beaucoup moins loin que les Info.

38:11 Qui réalise le programme ? Comment ? Qui ? Avec quelles idées et quelles ressources ?

Y'a-t-il des demandes institutionnelles ?

38:24 Oui. Alors ça fait longtemps qu'il y avait eu **ces soutiens maths, et avant c'était fait par un matheux qui a cessé de l'enseigner, c'était pas assez**... enfin c'est pas pour dénigrer mes collègues de mathématiques mais des fois... (rires) quand-même ! Ils restent matheux dans l'âme : les maths pour les matheux... Et donc finalement ça ne les intéressait pas plus que ça de continuer à faire l'harmonisation, donc ils m'ont refilé le bébé... ça avait été un grand moment... il m'avait donné le truc, il me dit "ciao !" (rires)

39:03 C'est pour ça qu'il y a deux parties dans le document ?

39:06 Les photocopiés sont peut-être vieux, il faudrait que je les remets à jour mais bon... c'est difficile de récupérer des informations... (rires !) Voilà... c'est off, hein ? C'est compliqué, ils ont leur prérogatives, ils ont leur pré-carré, ils sont les meilleurs...

39:29 Déjà ils ont filé de diaporama, c'est pas mal...

39:31 Ah non, ils n'ont pas filé le diaporama ! C'est moi ! Ah, non, ils ont filé les ça, là, à la fin [du photocopié]. Non, le reste, la partie avec les exos c'est moi qui les ai faits...

39:42 Du coup c'est quelle partie qu'ils ont données ?

39:44 C'est ça, là, la fin, les polys de cours. Voilà, jusque là et puis c'est moi qui ai fait tout ça.

Et la partie exos, il faut que je te la renvoie, en fait j'ai repris des choses d'eux et j'en ai refait à moi.

40:07 Et pour les attentes officielles ? Qui choisit les têtes de chapitres par exemple ?

40:15 On a discuté, surtout quand on a remodelé la maquette y'a deux ans donc ça a été l'occasion de remettre les choses à plat. J'ai redemandé **quels étaient les besoins de chacun**. Et priorisé les choses parce qu'en 26 heures je ne pouvais pas tout faire. Donc je ne vais pas aussi loin que ce que j'aimerais.

40:34 y'a des choses dans le poly que tu ne fais pas ?

40:37 Alors pour les infos, je fais pas Lebesgue parce que... je leur dis juste que ça existe, parce que voilà, la théorie de la mesure, ça sort pas du chapeau. Ils l'ont dans le poly. Je leur dis juste "*Voilà, ça existe et si on est capable de faire avec des probas, c'est parce que y'a ça !*". Je vais pas plus loin. Parce que je ne peux pas.

Je vais moins loin en E2I sur l'algèbre. Donc **je module un petit peu...**

41:14 Et toi, pour réaliser tes diaporamas, tu utilises quelles ressources ? Livres de maths ?

41:19 Ouais, des **bouquins de maths**. Tu veux que je te les montre ? Alors... il faut dire aussi (je me dévoile un peu mais...) mon père était professeur des universités en graphes et faisait des maths évidemment de partout, et donc j'ai hérité un petit peu de bouquins ! Après les autres, c'est plus...

42:17 Alors pour les décrire, ce sont à chaque fois des bouquins de méthodes mathématiques pour l'ingénieur ?

42:26 Mathématiques pour l'ingénieur, oui ! Parce que le Schwarz ou autre, bon... voilà, je vais pas aller jusque là... Pour construire en tout cas mon cours...

42:38 Ni les précis de prépas...

42:44 Non... alors est-ce que je les ai là... C'est des **vieux bouquins** ? J'ai droit aux vieux bouquins ?... Après je pioche un petit peu dans tout... C'est pas non plus exclusif là...

Mais j'aime beaucoup les livres...

43:33 Est-ce que tu leur trouves un intérêt à ces vieux bouquins par rapport aux nouveaux ?

43:42 Oui, je trouve qu'ils sont **clairs** ! Les exercices sont plutôt intéressants... bon c'est des trucs un peu orientés... Je les trouve clairs, bien écrits...

44:09 Parce que quand tu vois un bouquin comme ça, c'est quand-même pas énorme, ça fait que 150 pages...

44:15 C'est efficace !

44:18 Effectivement ça c'est les deuxième année de prépa.

44:19 Oui ! Mais de 1971 ! J'ai même des trucs de terminale, parce que finalement le programme a quand-même vachement changé. Les espaces vectoriels, ils le faisaient en terminale !

45:06 Pour le support de cours, c'est donc essentiellement ton poly ?

45:07 Oui, **je projette mes slides**.

45:12 Pendant les séances de TD ?

45:16 Je les passe au fur et à mesure et je m'arrête, on fait quelques exos, on revient...

45:24 En commençant toujours pas l'exposé de la partie théorique avant de se lancer dans les exercices.

45:28 C'est ça ! **Rappeler simplement qu'il y a quand-même un fondement théorique**.

45:32 Oui, et puis rappeler le petites bases avant de démarrer...

45:35 Voilà, c'est l'occasion de rediscuter, ce que je disais toute à l'heure, sur "**pourquoi on fait ça ?**"

45:41 Quel type de communication est attendu entre les étudiants ?

45:53 Moi j'attends vraiment qu'ils discutent entre eux.

45:56 Qu'est-ce que ça apporte selon toi ? Plutôt que la correction par le prof ?

46:07 Je trouve que ça les rends acteurs de leur propre cours. Comme je ne mets rien au tableau, ils n'ont pas le choix : **s'ils veulent avancer dans le TD, il faut qu'ils se bougent un petit peu...** Ça permet de **confronter leurs idées**, ça permet à ceux qui sont vraiment largués (parce que y'a quand-même des nouveaux très différents...) au moins à se raccrocher et puis à peut-être (alors je suis vigilante aussi, à vérifier qu'ils sont pas délaissés par le groupe), en général j'arrive à **trouver quelqu'un de moteur**, à relancer pour que ça puisse émerger... C'est ça : l'idée c'est qu'ils produisent eux. Moi je sais faire, je m'en fiche !

46:54 Et pas d'attente de travail personnel pour cette partie non plus ?

47:03 Non, je les fais travailler **en groupes de 5 à 6...**

47:22 Enfin quel évaluation réalises-tu ?

47:27 J'évalue pas. Je mets un pass, c'est-à-dire une validation du module : c'est de la remédiation, ils viennent, alors si en plus il fallait que j'évalue... non, pour moi c'est pas...

47:51 Ça serait contre productif ?

47:54 Ça n'a pas de sens surtout... Le but du jeu c'est de les remettre à niveau. Qu'est-ce que j'évaluerais ? Ils vont déjà être évalué après tout le reste, sur leurs performances pures... Qu'est-ce que moi je vais évaluer ?

48:10 Ça n'entrave pas leur motivation ?

48:13 Non, leur vraie motivation c'est "*je veux pas me planter !*" Ils savent que, arrivés d'IUT la marche est très haute. donc ça leur suffit à être motivés.

48:26 Bon, bah écoute, super ! Est-ce qu'il y a de remarques...

48:33 Je sais pas ! Est-ce que je suis dans le vrai dans ce que je dit ?

48:35 Y'a pas de vrai, y'a pas de faux ! En tout cas, ça va tout à fait dans le cadre de ce que j'avais besoin d'entendre. Ça corrobore certaines choses que j'ai entendues. Aussi parfois ça complète. Parfois ça va peut-être aussi à l'encontre ! Donc c'est bien !

48:50 Après, je suis **preneuse d'idées pour innover** aussi...

48:57 Oui, je le propose d'ailleurs : tu serais d'accord pour une expérimentation, une collaboration... ou innover...

49:28 Je suis prête à essayer plein de trucs. On a, si ça t'intéresse de discuter avec elle, on a une ingénieur TICE qui vient d'arriver ! Elle est la pour un CDD, mais si ça t'intéresse...

49:43 Ça rentre pas précisément dans.. Disons que je ne discuterais pas spécialement avec elle dans le cadre de ma recherche en didactique des maths, mais ça peut toujours être intéressant...

49:56 **Elle imagine de choses avec des cours un peu plus interactifs**, alors surtout sur des cours magistraux du coup.

50:04 Plutôt pour un autre enseignement que les maths du coup ?

50:07 Oui... ou l'utilisation d'un tableau numérique, ça c'est vrai, on pourrait faire quelque chose... Y'a des choses à faire. Après c'est vrai qu'on est contraints par le volume horaire qui est quand-même très faible... c'est quand-même pas beaucoup...

50:21 Finalement, la forme TD c'est encore ce qui est le plus efficace pour l'instant ?

50:26 Oui, aux vues du public...

50:28 Tu ne te vois pas par exemple balancer des corrections vidéos, etc.

50:46 En amphi ?

50:49 Non, individuel. C'est-à-dire qu'ensuite chez eux ils ont la possibilité d'avoir la correction en vidéo...

50:54 Ouais... c'est des choses qui peuvent se faire pour compléter... pas facile !

[FIN]

mail reçu après l'entretien

Pour compléter, voici les bouquins sur lesquels je me base
Swokowski, "Analyse"

Horst Stöcker, Vincent Bosser, Sandra Marcello, "Toutes les mathématiques et les bases de l'informatique", Collection : Sciences Sup, Dunod, juin 2013

Howard Anton, Chris Rorres, "Elementary Linear Algebra: Applications"

Erwin Kreyszig, "Advanced Engineering Mathematics"

et les bouquins de Pierre Louquet !

9 juin 2017
Malik

00:56 Dans cette première partie, peux-tu te présenter rapidement ?

01:16 Je m'appelle Malik, j'ai **48 ans**, je suis **professeurs des Universités** à l'[ECOLEMALIK] depuis septembre **2011**. Avant, j'étais à l'Université d'Orléans. J'ai fait ma **thèse à Clermont-Ferrand**, et avant j'ai fait mes études au Maroc.

01:35 Et ta thèse c'était ?

01:36 Ma thèse elle portait sur l'**optimisation numérique convexe** et après mon **HDR** elle portait plus sur l'**optimisation** et du contrôle optimal.

01:52 As-tu reçu une formation d'enseignement quelconque ?

01:57 Moi-même, j'ai pas eu de formation, mais **je me suis occupé de la préparation de l'agrég interne**, donc j'étais responsable de la préparation de l'agrég interne à Orléans pendant 2 ans. Donc en fait j'ai plutôt... j'aime bien enseigner et donc oui... **j'ai suivi les travaux de l'IREM à Orléans**. J'étais même **membre**, donc je m'intéressais à l'enseignement.

02:23 Quels enseignement tu dispenses cette année ?

02:32 Alors, y'en a un peu beaucoup... Déjà j'ai un cours au niveau **STPI (Sciences et Techniques Pour l'Ingénieur)**, donc, c'est le tronc commun qu'on a ici. C'est un cours d'**Analyse** que je n'aurai peut-être pas l'année prochaine mais c'est très bien parce que je le fais depuis... 4 ans et donc il est temps de changer. Sinon, je fais des cours d'**optimisation** pour les "Génie Mathématique", pour les "Génie Info", et pour "E2I". Et je fais aussi le cours de **contrôle optimal** pour les "Génie Mathématique en 5ème année" et je participe au cours d'**Équations Différentielles Ordinaires et d'Analyse Complexe** pour les 3 GM, pour les 3 "Génie Mathématique".

03:15 Ça fait à chaque fois des petits cours...

03:18 C'est petit, celui où il y a le plus d'investissement, où je suis un peu plus seul, ce serait plutôt le cours d'optimisation pour les 3 GM et là j'ai, on va dire **40 heures en tout**.

03:38 Le type d'enseignement le plus courant c'est des Cours magistraux ? TD ?

03:44 Par exemple, tous les cours de 3, 4 et 5ème année sont quasiment équirépartis : **Cours Magistraux, TD, et TP-Projets**. Donc y'a **1/3 pour chaque**. Et c'est quasiment ça.

04:09 Toi tu considères comme un spécialiste des mathématiques j'imagine, dans une école d'ingénieurs non-matheux ?

04:19 Alors, j'ai des étudiants matheux !

04:20 Oui, pardon avec les GM...

04:21 Mais sinon oui... Donc j'enseigne beaucoup pour des non-spécialistes.

04:42 Quelle est ta vision des besoins en maths pour les ingénieurs auxquels tu enseignes ? Développes-tu une pratiques utilitaire des mathématiques ?

05:14 On est obligés, parce que vu les **volumes horaires qu'on a qui sont quand-même assez faibles**, on est obligés de développer des **techniques plutôt utilitaires**. Donc y'a certaines parties où on fait vraiment que les choses qu'ils **sont censés utiliser tout de suite**. Voilà, et **on rentre pas forcément dans certains détails théoriques**.

Après, ce qui est recherché maintenant, ce sont des ingénieurs mathématiciens qui ont essentiellement deux compétences : des **compétences liées à tout ce qui est aléatoire**, donc **probas, stats**, et des compétences liées à la **recherche opérationnelle d'optimisation**.

05:55 Dans la spécialité GM en particulier ?

05:58 Ça c'est **la demande qu'il y a au niveau national. Et même européen** : on fait une étude de marché, chaque année y'a un forum de l'emploi des maths qui est organisé et on

essaye de repérer **ce que les entreprises recherchent**. Avant, elles cherchaient des gens avec des profils très spécifiques. Ils voulaient par exemple, un statisticien, un modélisateur, un optimiseur... maintenant, ils ne veulent plus ça : 1) ils n'ont pas les moyens de recruter 3 personnes, donc ils veulent quelqu'un qui de **polyvalent** qui n'est pas forcément, pointu dans tous les domaines, mais qui a les **compétences**, et en optim, et en aléatoire, et en modélisation...

06:34 Et ça, à ton avis, c'est spécifique à une industrie, ou bien c'est pour tous les ingénieurs ?

06:42 C'est au niveau français, même au niveau des boîtes de service et conseils maintenant, ils cherchent, même quand une boîte de conseil par exemple spécialisée en stats ou en optim, ou en RO, ils veulent quand-même quelqu'un de **polyvalent**. Parce qu'en fait les problèmes rencontrés sont...

06:56 Et puis ça peut leur permettre de changer...

06:57 Voilà.

06:59 D'accord... Pour toi, les contenus particulièrement importants sont ceux que tu viens de citer ? Dans les cours, y'a-t-il des contenus incontournables ?

07:14 Par exemple, les cours qu'on a en troisième année, nous on a jugé que c'était incontournable, parce qu'on va dire que c'est **les bases**. Et c'est nécessaire pour...

07:22 Tu peux détailler un petit peu ?

07:24 Alors les cours qu'on a jugé (mais peut-être qu'on se trompe, hein !), comme étant de base et nécessaires : y'a un cours qu'on a appelé "**Mathématiques de base**", c'est tout ce qui est **topologie** mais en restant en dimension finie. Sans aller plus loin. Tout ce qui est lié aux **équations différentielles**. Que ce soit la **résolution**, et avant tout la **modélisation**. Tout ce qui est lié aux probas, mais plutôt on va dire les **probas de base**.

08:02 C'est-à-dire probas discrètes ?

08:04 Non, non, probas de base, c'est probas déjà continues. Mais probas de bases c'est-à-dire qu'on ne va pas jusqu'aux processus aléatoires et ainsi de suite. Après, tout ce qui est (qu'est-ce que j'ai oublié ?) tout ce qui est **statistiques de base** : **statistiques inférentielles**, et puis les outils logiciels pour les maths. Ça c'est...

08:22 Tout ça fait partie du socle ?

08:23 Tout ça fait partie du **socle**. Et c'est ce qu'on essaye de dispenser ici en 3ème année. Ce qui fait que **c'est compliqué à organiser parce qu'en fait ça fait plusieurs petit bouts qu'il faut attaquer quasiment en même temps**.

08:38 Effectivement. Justement comment vous vous débrouillez ? Vous collaborez entre collègues de maths ?

08:48 Oui

08:49 Et aussi des collègues d'autres disciplines ?

08:51 Oui, bien-sûr !

08:52 Sous quelle forme ? Et éventuellement des collaborations avec les professionnels, dans l'industrie ?

08:57 Alors déjà pour l'industrie, c'est très simple, nous on a **à peu près 10% de la maquette qui est faite uniquement par les industriels**. Que ce soit en **3ème, 4ème ou 5ème année**. En fait, c'est même **une idée de la formation**. C'est-à-dire qu'on veut quand-même **rester en contact avec le monde réel**. Et peut-être qu'il y a des choses qu'on fait qui ne servent à rien ? On a des retours là-dessus.

09:23 C'est revu régulièrement ?

09:25 C'est revu régulièrement. On a par exemple, pour **chaque année**, on a un **responsable**, on appelle ça "Séminaire d'entreprises" qui **démarche les entreprises qui nous intéressent, qui fait le suivi, qui fait de la veille, qui les fait venir**, ainsi de suite... Après, on a des

interventions de **collègues d'autres domaines**, oui. Pour les aspects **informatiques**, c'est plutôt des **informaticiens** qui font certaines choses, pour les aspects, je sais pas moi, **traitement du signal, c'est pas des matheux qui font ça...**

09:58 [Et toi, pour la fabrication de tes cours...](#)

10:03 J'essaie d'être **en lien direct avec les applications**. Peut-être pas en 3ème année, mais en **4ème année**, on essaie d'avoir toujours une **application réelle. une ou plusieurs**. On essaie d'avoir des **interventions d'industriels**, au sein des modules. C'est-à-dire, **pas que des gens qui viennent faire des conf'**, mais qui sont carrément impliqués : ils viennent avec leurs **jeux de données** ou leur... voilà.

10:30 [Sinon, quels sont tes constats sur l'apprentissage ? Lacunes récurrentes ? Motivation ? Différence entre les types de prépas ? Sélection des étudiants ?](#)

10:58 On ne sélectionne pas. La sélection, déjà sur une promo y'a une grosse partie qui viennent de la prépa intégrée et donc ça, eux, ils sont sélectionnés en fonction de leur rang en 1ère et 2ème année. Donc, on n'a pas vraiment la main, nous... Donc **il faut plutôt être attractifs si on veut récupérer les têtes de classement**.

11:14 [Les bons étudiants...](#)

11:16 Pas forcément les bons, mais les têtes de classement (rire). Après, le recrutement extérieur, on a une partie qui vient plutôt d'**IUT plutôt statistiques**, on a des **CPGE** et on a des gens qui viennent de **L2 ou L3**. Alors, si on fait un constat sur les 3 dernières années, on a **plus de soucis avec les CPGE qu'avec les IUT ou les L2/L3**. Tout simplement parce qu'en fait, quand on récupère des gens qui viennent des classes préparatoires, c'est soit (alors c'est très compliqué déjà pour les avoir) qu'il y a eu un échec (qu'ils n'ont pas eu d'autres concours), soit **quand ils arrivent ils considèrent qu'ils en savent plus que les autres et donc ils travaillent un peu moins et ça se ressent tout de suite**. Parce que l'idée c'est quand-même de **les faire travailler**. Donc les **maquettes sont petites**, mais il y a **beaucoup de travail personnel**. Donc, je dirais que les étudiants sont **motivés** en général. Oui, il y a des lacunes mais dans tous ces populations y'a **des lacunes puisque c'est plus le même bac qu'auparavant...**

12:28 [A ton avis, ces lacunes remontent à la formation avant le bac ?](#)

12:30 Voilà, parce que y'a des **lacunes avant au lycée**, et donc **ici ou ailleurs** dans les prépas, ils sont **obligés de s'aligner, de les combler, donc ils font moins**. Ils créent d'**autres lacunes**, et on le retrouve.

12:47 [Et toi, tu penses que t'as affaire à des gens motivés...](#)

12:49 Oui oui, **globalement, ils sont motivés...** Non, **les étudiants sont pas moins bons qu'avant, c'est qu'ils sont moins bien formés**. qu'avant. À mon avis, mais c'est peut-être faux. Ils sont **peut-être mieux formés dans d'autres choses...**

13:03 [Peut-être plus polyvalents sur d'autre... Et dans l'idéal, qu'est-ce que tu ferais pour une réussite maximum ? Pour les problèmes d'hétérogénéité, par exemple ?](#)

13:26 Déjà, on essaie parce qu'on a des **modules de remédiation**, on essaie refaire **beaucoup plus de contrôle continu**. On essaie de faire des modules de **soutien pour les entrants**. Pour qu'ils aient le même niveau que nos étudiants, s'ils en sont pas déjà avancés... Moi j'y crois pas à la baguette magique, mais si y'en avait une, je dirais qu'on pourrait économiser la première année. **Ce qu'on fait actuellement en première année, c'était déjà fait au lycée y'a 10 ans**. Tout le contenu de la première année, **que ce soit en Algèbre ou en Analyse, on refait des choses qu'ils sont censés déjà avoir vues au lycée**. Donc y'a une certaine perte de temps... Après la première année chez nous, bac +3, c'est pareil, c'est-à-dire qu'avant certaines choses qu'on voit en 3ème année, on les voyait déjà ... Je vais pas rentrer dans les détails, mais y'a des chapitres... je sais pas moi, **"Suites de fonctions", "Séries de**

fonctions", "Séries entières", c'est abordé à bac+2, mais c'est vite fait, donc tout ça, y'a un manque pour la suite, et on le traite.

14:55 Est-ce qu'il y a un cours en particulier sur lequel on pourrait se focaliser ? Sur lequel tu as plus de ressources, de documents ?

15:07 Ça je pourrai te les envoyer après. On peut parler du cours d'optimisation que je fait en 3ème année, soit du cours de **contrôle optimal** que je fait en **5ème année**. Puisque là, en plus en 5ème année, là ils sont **vraiment motivés**. Je dirais plutôt le cours de contrôle optimal.

15:24 Pour quelle spécialité ?

15:27 C'est pour la **spécialité GM, "Génie Mathématiques"**...

15:33 Est-ce que tu peux décrire l'enseignement ?

15:38 C'est aussi **1/3, 1/3, 1/3**... alors, même les documents que je vais te transmettre c'est pas moi qui les ai rédigés, les **documents sont rédigés par les étudiants**, c'est-à-dire qu'on est trois intervenants, je suis le responsable. On fait nos cours, nos TD et nos TP. On donne pas de document, sauf **les fiches de TD**, et on leur demande, chaque séance y'a **deux scribes**, et ils doivent faire une certaine **synthèse, la partager avec les autres**, nous la renvoyer, **on corrige** et ça revient.

16:06 Ça représente quel volume ce cours-là ?...

16:10 **48 heures** : 16 heures de cours, de TD et de TP-projets.

16:16 Quels sont les objectifs et les apports au quotidien des ingénieurs selon toi ?

16:26 C'est très très appliqué. Le contrôle optimal, c'est je sais pas... un exemple ça peut être **contrôler une population qui vit selon un mode gouverné par une équation-diff** ou quelque chose comme ça. **On contrôle une entrée ou deux et on essaye de voir l'influence sur l'évolution de la population**. C'est un exemple... Par exemple, **pour un traitement médical**, ou... c'est un exemple bateau. Sinon, moi ce qui m'intéressait le plus c'est plus **les calculs de trajectoires**, et donc c'est pareil ça, ça peut modéliser des problèmes de différentes natures qui peuvent s'interpréter comme un calcul de trajectoires.

17:04 Et comment tu présentes ce cours aux étudiants ?

17:08 On attaque ça **progressivement**, on fait d'abord, le cas on va dire "**discret**", c'est-à-dire qu'on reste en **dimension finie**. **On discrétise le temps et l'espace**. On se ramène à un problème, soit d'**optimisation de dimension finie**, soit un problème de **suites récurrentes** on va dire. Et après on passe dans le cas en **dimension infinie et en continu** et donc on énonce le **principe du maximum**, les **principes de comparaison**. Et à **chaque fois on fait des TP, alors les TP c'est vraiment résoudre**... on définit des schémas numériques et on fait des TP sur ces schémas numériques **en lien avec une application**.

17:46 Utilisant quel logiciel ?

17:48 Alors, moi je suis très très ouvert. Mais alors ce qu'on a utilisé cette année, c'est plutôt [AMDL], c'est un langage de modélisation, **Matlab**, parce que les étudiants ils aiment bien Matlab. Y'a quelques groupes qui ont utilisé du **Python**...

18:06 C'est-à-dire que vous ne fournissez pas la base logicielle ?

18:09 Si, la base logicielle elle est fournie, pour les 3. Ils ont eu une **formation au niveau de la 3ème année**, ils savent utiliser un peu les trois. Mais par contre y'a **certains TP où je leur donne le choix** : ils peuvent rendre... bon en général, c'est très proche.

18:24 Quel est le niveau d'abstraction mathématique relativement à l'utilisation de ces outils ?

Un peu boîte noire ?

18:37 On fait les deux, c'est-à-dire que y'a des parties où **ils codent leur propre algo**, ils faut qu'ils comprennent comment ça marche et **pourquoi ça converge**, et pourquoi ça donne... Et après, par exemple dans Matlab, y'a une boîte qui s'appelle, je ne sais pas moi, des **solveurs**

de contrôle optimal, et là ils ont juste à décrire le modèle...

18:55 Comment ? Ils font des comparaisons ?

18:57 On **compare**, oui !

18:58 En terme de temps de calcul ? D'efficacité ?

19:02 En terme de **temps de calcul**, et des fois on a la **solution exacte**. On fait des **calculs d'erreur**. Et puis même, des fois on fait des calculs d'erreur sans connaître la solution exacte et après on fait des retours pour **vérifier l'ordre de convergence**...

19:13 Et dans le cours en lui-même ? Quel est le lien entre la théorie et la technique ?

19:23 Y'a une partie théorique qui est assez importante quand on parle quand-même des **équations de Hamilton-Jacobi**, là c'est **très très théorique**. Quand on énonce le **principe du maximum** c'est très très théorique.

19:33 Avec démonstrations ?

19:34 Oui, mais là ces deux-là, y'a au **moins une partie qu'on démontre, pour de vrai**, devant les étudiants. On leur demande pas... **on leur demande de comprendre sur le coup**. Et après, **on veut qu'ils sachent l'utiliser comme il faut**. Mais déjà **savoir utiliser comme il faut le principe du maximum, c'est un peu le comprendre**.

19:55 Donc, en ce sens la démonstration leur est utile ?

19:58 Oui, leur est **utile**. Après y'a d'autres parties, par exemple, la partie contrôle optimal discret, là **il faut absolument qu'ils comprennent toutes les preuves**, parce que c'est pas très difficile. Et il faut **qu'ils sachent les refaire pour d'autres problèmes**. Mais c'est pas très difficile.

20:17 Ça c'est pour le début, en fait, pour la partie discrète ?

20:20 En fait, chaque problème, on peut le voir en **version continue ou discrète**, et donc... on discrétise d'abord, on résout, ou alors on résout...

20:31 Et pour la partie discrète, vous voulez à chaque fois aller au fond des choses ?

20:33 **On veut absolument qu'ils aient tout compris**.

20:36 En en 5ème année, il y a toujours une différence entre les étudiants selon leur type de prépa ?

20:47 Non, **ça s'est plus ou moins nivelé**. Alors, les bons restent bons, et ce qui est bien c'est que **certains qui paraissaient moyens peuvent devenir bons**.

20:55 Y'en a qui se révèlent...

20:56 Oui...

20:58 Le programme de ce cours, c'est aussi 10% de réalisation par les industriels ?

21:10 Alors celui-là il est un petit peu particulier parce qu'il n'y a pas 10% dedans, mais y'a d'autres interventions, en lien avec ce cours. On a par exemple, c'est quelqu'un qui venait de la SNCF, et (je ne veux pas dire de bêtise) quelqu'un qui venait de SAFRAN, donc qui avait des problèmes plutôt liés à ça.

21:30 Et le choix des têtes de chapitres, qui le fait ?

21:37 **En contrôle optimal, c'est assez classique**...

21:41 C'est toi qui gère ça ?

21:42 **Oui**... oui...

21:47 Et vous êtes combien à intervenir pour ces heures ?

21:49 On est trois.

21:51 Et tu utilises quoi comme ressources ?

21:58 Parmi les trois, y'en a un qui est spécialiste de contrôle donc il a ses propres ressources. Moi aussi. Et un autre collègue qui est spécialiste de Hamilton-Jacobi... Donc en fait, on n'a **pas besoin de ressources externes**... mais on leur conseille d'utiliser quand-même certaines ressources qui sont très très bien, de collègues qu'on connaît bien.

22:19 Et toi précisément ?

22:23 Je me suis vraiment **basé sur un bouquin** de... Je peux donner le nom ?

22:27 Oui, bien-sûr !

22:28 D'Emmanuel Trelat. Ça s'appelle "Théorie du contrôle". Ça s'appelle "théorie", mais il y a beaucoup d'applications.

22:36 Dans le cours, tu as deux scribes et ensuite c'est distribué sous quelle forme ?

22:49 Nous, **on veut que ça vive**, donc en fait, chaque paire de scribe échange avec les autres étudiants et avec celui qui a fait le cours pour corriger s'il jamais ils ont mal interprété quelque chose. Mais on veut que ça vive donc on ne veut pas que... on peut pas juger que... **on peut pas considérer qu'au bout d'une année ça y est, le cours est fait**. Donc ça va rebouger l'année prochaine et ça va continuer de bouger...

23:16 Et ce cours, il est étalé sur combien de semaines ?

23:19 Un semestre. Alors le semestre pour la 5ème année il commence début octobre et se finit fin janvier.

23:29 Donc du coup, ils ont quand-même le temps de faire le retour sur ces cours d'une séance sur l'autre...

23:33 Oui.

[Coupure de l'enregistrement, reprise d'un nouveau]

00:05 Oui donc sur la participation personnelle, ils ont beaucoup de travail personnel à fournir.

00:14 Tu parlais d'exercices fournis ?

00:18 Alors, on leur fourni les **fiches de TD, les fiches de TP**, mais par exemple même les fiches de TD y'a une correction, on corrige donc **c'est soit les étudiants qui corrigent, soit nous on corrige avec eux**. Mais les scribes, ils sont obligés en fait de rédiger la correction. En quelque sorte ça fait déjà du travail : ils rédigent les cours, mais en général on essaye d'avoir des cours assez structurés (je parle au moins pour moi), donc normalement, s'ils suivent **le plan qu'on a fait, c'est déjà bien structuré**, et après donc, ils rédigent, ils nous montrent ce qu'ils ont fait, la rédaction, y'a un échange. On ne veut pas que ça soit parfait. L'idée, c'est de **voir ce qu'ils ont retenu**. donc, ça nous permet aussi de **contrôler ce qui est passé et ce qui n'est pas passé**, parce que y'a des choses qu'on dit et que c'est par retenu, c'est pas important pour eux, alors que nous on peut juger que c'est important. Donc on peut insister là-dessus, peut-être pour l'année prochaine, ou même tout de suite après. et donc ça permet un échange. Parce qu'en général les étudiants quand on leur demande **"Est-ce que vous avez compris ?"** euh... **la réponse n'en n'est pas vraiment une**. Y'a pas vraiment de... Ils disent "oui" ou "non", mais... Alors que là, au moins on sait où ça a pêché, quels sont les points sur lesquels il faut insister, ainsi de suite...

01:41 Et dans la partie TD, y'a aussi une attente...

01:45 La partie TD, on ne corrige pas tous les exos. Et donc ceux qui rédigent sont censés corriger tous les exos. Donc, par exemple, on met **deux ou trois exercices types**. Et après le premier exercice type, on met un autre qui lui ressemble, et là ils doivent le faire soit en travaillant en groupe, soit... ils font comme ils veulent. Mais donc **eux ils rédigent la correction**.

02:08 C'est quoi votre idée derrière ça, en fait ?

02:14 L'idée, c'est que là, c'est plus qu'une **obligation de travailler** puisque là... Et puis l'autre idée c'est que normalement, ça devrait aussi **cloisonner leur travail**, c'est-à-dire que, au-delà de ça, **ils ne sont pas obligés de faire plus**. Puisqu'on a aussi des étudiants qui en font plus. Et c'est pas forcément... **Ils n'arrivent pas vraiment à gérer le temps**...

02:31 C'est pas bénéfique pour eux...

02:33 Voilà, et on a des étudiants qui sont très bons dans une matière et ça c'est pas forcément l'objectif. L'objectif c'est quand on leur donne un projet, on leur dit "ça ça représente 12 heures de travail", faut pas en faire 15, il faut en faire 12.

02:50 Sinon, vous demandez des compte-rendus oraux ?

02:54 Oui oui. Donc en fait, pas dans ce module-là, mais dans d'autres modules, on leur demande... par exemple, en optimisation, je donne des **projets** et y'a des **restitutions orales** et donc c'est des projets **par groupe**, et ils doivent présenter leurs résultats, leur modèle, ils expliquent leur démarche devant les autres.

03:16 C'est systématique dès qu'il y a un projet ?

03:21 Non, non. Alors on a des projets où c'est systématique. On a ce qu'on appelle le "**Projet inter-département**", **c'est en 4ème année**, et on a "le bureau d'étude". Alors "**Le bureau d'étude**" **c'est un sujet qui est proposé par une entreprise**. Et donc là...

03:37 Qui concerne tous les étudiants ?

03:38 Non non non. Ils sont par groupe y'a **6 ou 7 entreprises qui proposent des sujets** et on les met par **3-4 sur chacun des sujets** et après y'a un suivi. C'est **encadré par quelqu'un de l'entreprise et quelqu'un d'ici**. Et après y'a une **vraie soutenance**...

03:59 En 4ème année ça ?

04:00 En 4ème année. Et le projet inter-disciplinaire, c'est aussi en 4ème année mais au premier semestre et là, pour le coup l'idée c'est pas une entreprise, mais c'est un autre département.

04:06 Donc ça fait des collaborations...

04:08 Ça fait des collaborations, ça **permet aux collègues de voir ce que peut apporter un matheux chez eux**...

04:18 Pour finir, pour revenir à ce cours... Quel type d'évaluation vous pratiquez ?

04:27 On a une évaluation... alors moi j'ai demandé des compte-rendus de TP. Alors ça ne veut pas dire, c'est pas parce que les scribes ont fait un compte-rendu... Ce que j'appelle compte-rendu de TP, c'est un compte-rendu de TP par binôme plus un devoir surveillé.

04:44 Un seul devoir surveillé sur les 48h...

04:46 C'est **un seul devoir surveillé**. On aimerait bien en faire plus mais... **un seul devoir parce qu'ils ont plusieurs modules, et du point de vue organisation c'est pas**...

04:55 Le DS, c'est des exercices ? Calqués sur le TD ?

04:59 Non, par forcément. Alors le devoir surveillé **cette année on a choisit un problème et on l'a décliné version discrète, version**... voilà et donc pour essayer de balayer un peu le contenu du cours.

05:13 Là, pour fabriquer les sujets, vous utiliser quoi ?

05:19 En contrôle optimal c'est super simple : il suffit de prendre une équation d'évolution quelconque, et après de dire que "*là ce qu'on contrôle, c'est telle entrée*", et puis ça crée... alors c'est plus compliqué de générer ou de faire un sujet dans d'autres matières, mais en contrôle, c'est pas compliqué. Ce qui est dur, c'est que ça soit faisable. C'est-à-dire on peut facilement...

05:39 En temps limité ?

05:40 Voilà. alors en général on fait quand-même des **sujets assez longs, et on demande pas que les étudiants fassent tout**.

05:49 OK. On a bien creusé les point que j'attendais... Pour terminer, est-ce que tu as des remarques ou des suggestions ? Est-ce que tu serais intéressé de mettre en place quelque chose ?

06:06 C'est-à-dire ?

06:07 Ça pourrait être, je ne sais pas, mettre en place un exo qui serait pour toi un peu

innovant, un peu différent de ce que tu fais d'habitude... pour voir si ça crée des améliorations dans la compréhension...

06:22 Pour mes étudiants ?

06:23 Oui.

06:24 Oui, mais ça j'essaie de le faire à chaque fois donc... mais par contre, ce qu'on peut faire c'est t'inviter à venir suivre... à la rentrée prochaine... venir suivre un de ces cours. Pour voir comment ça marche.

06:37 Oui effectivement, ça serait sympa !

[FIN]

23 juin 2017

Yann

00:29 Moi je m'appelle donc Yann. J'ai maintenant 69 ans. Je me suis arrêté en **2015**, j'ai pris ma **retraite** au 1er septembre. Je suis **ingénieur des mines** à l'école des **mines de St Etienne**. Et je suis arrivé à l'école des [ECOLEYANN] en **1972** pour faire de la recherche en industrie minière. En fait je faisais une recherche dans un premier temps en géo-ingénierie, c'est-à-dire tout ce qui est autour de... enfin avec pour terrain d'expérimentation qui est tout simplement les mines de charbon du nord de la Lorraine.

01:18 D'accord.

01:19 Et puis, je suis resté à l'école des [ECOLEYANN] depuis 1972, depuis mon arrivée. Voilà... où j'ai directement été associé, dans mon laboratoire, comme c'était un laboratoire **pluridisciplinaire**, la mine c'est (je ne sais pas si vous avez des notions mais...), enfin dans le temps (puisque ça n'existe plus en France disons), la mine c'était tout un ensemble, un art. On dit "**l'art des mines**", c'est pas pour rien. C'est que ça convoque tout un ensemble de compétences, depuis la géo-mécanique, bien-sûr, jusqu'à la recherche opérationnelle, l'informatique. Recherche opérationnelle, par exemple, pour **optimiser les flux de charbon** depuis le sous-sol jusqu'au jour. Donc, vous avez de la recherche opérationnelle, vous avez de l'informatique. Vous avez, pour optimiser par exemple l'aérage, c'est-à-dire pour que les gens puissent travailler correctement il faut injecter des flux d'air. Et donc, pour empêcher aussi le grisou, y'a tout un ensemble de techniques liées à la thermique, à l'énergie, à la mécanique des fluides, etc. etc.

Et donc j'étais dès le début associé à ce truc-là et, bon évidemment tous ces champs de compétences impliquent des générations d'énormes données et donc j'ai été impliqué dans les **études statistiques depuis le début. Depuis 72 dans mon labo**. Le prof qui dirigeait mon labo était aussi le directeur de l'école, était aussi le responsable des enseignements de statistiques et analyse de données à l'école de mines dès 72. Et donc dès le début j'ai été mis dans le bain comme **assistant, chargé de TD en Statistiques, en 1ère année dans le tronc commun** (on reviendra là-dessus) **de Stats, c'est-à-dire pour toute la promo**. C'est un cours obligatoire. Toute la promo. Et puis après, dans les enseignements un peu plus spécialisés, jusqu'en 3ème année en **analyse de données**, qui était déjà dispensé à l'époque avec des machines... évidemment, à l'époque on avait **un ordinateur central et puis des imprimantes**. Et puis c'était un **cours** où il y avait une cinquantaine d'étudiants, et les chargés de TD étaient des professionnels qui venaient de l'INRA. Parce qu'on a une station de biométrie à côté de Nancy où on avait des statisticiens hyper compétents puisque ce sont des gens qui se sont révélés après être des gens très importants dans le monde de l'analyse de la variance, par exemple, ou les séries chronologiques. Je sais pas, vous avez peut-être pas entendu parler de Claude Milliez ?

04:07 Non...

04:08 Ou M. Masson. Enfin qui après était à Rennes à l'INRA et qui ont écrit des bouquins sur l'analyse discriminante, par exemple. Donc dès le départ, les gens qui étaient associés à ces enseignements, étaient des professionnels du traitement statistique.

Et puis alors moi, j'ai repris ces enseignements-là, comme le prof principal a arrêté, j'ai repris d'abord avec lui, j'ai créé d'autres enseignements, toujours liés aux Stats, et puis, en parallèle, comme mes compétences avaient viré du côté **informatique**, j'ai fait de l'**intelligence artificielle**. J'ai enseigné, j'ai fait de la recherche en intelligence artificielle pendant longtemps, avec des systèmes experts (bon c'est plus à la mode mais ça l'était à l'époque, je ne sais pas si vous connaissez ou vous avez entendu parler...)

05:07 Non, comme ça ça ne me dit rien, non...

05:09 "Systèmes experts", donc l'idée c'était une idée un peu farfelue, c'était de transférer les connaissances des experts sur des machines afin de les remplacer (bon c'était complètement illusoire même...)

05:21 Pouvoir prendre des décisions, etc.

05:24 Oui, c'est ça... J'ai travaillé dans le monde industriel de ce côté-là. enfin, à chaque fois c'était en lien avec des applications industrielles puisque par exemple, il s'agissait de transférer le savoir-faire des gens qui conduisaient les hauts-fourneaux dans les aciéries, pour optimiser au mieux, ce qu'il faisait eux, sur des systèmes informatiques. Bon, avec plus ou moins de succès. Ça a donné lieu à l'époque, à l'implantation des aciéries françaises à Fos-sur-mer... plus ou moins en décadence actuellement (rires).

Voilà ! J'ai fait ça, ensuite j'ai fait des sciences cognitives. Toujours en faisant des Stats en même temps, en parallèle mes enseignements c'étaient toujours des statistiques. J'étais responsable des cours de **recherche opérationnelle** à l'école des Mines donc... "recherche opérationnelle", ça vous dit quelque chose ?

06:22 moui...

06:23 C'est **mathématiques appliquées**, donc vous avez "**programmation linéaire**", "**théorie des graphes**", et aussi tous les problèmes de recherche de **problèmes stochastiques**, c'est-à-dire "**files d'attentes**", "**fiabilité**", "**gestion de stocks**"... Voilà. À l'époque on appelait ça "recherche opérationnelle". C'est un peu suranné, maintenant, on dit "mathématiques appliquées" parce que ça fait bien quoi... (rires)

Bon, et puis j'ai terminé mon enseignement en 2015 ou j'étais responsable des enseignements de statistiques (entre autres, hein...) et donc j'ai piloté l'ensemble du cursus statistique depuis la 1ère année avec toujours un enseignement de **tronc commun de 10 séances de 3 heures** où il s'agissait de familiariser les gens à la **statistique descriptive, aux probas, à la théorie des tests, à l'estimation**. Ça allait jusqu'à la **régression simple**, et l'**analyse de la variance à un facteur**. Et puis, alors, ça c'est le tronc commun et ensuite en spécialité, dans un département qui s'appelle "**Génie industriel et mathématiques appliquées**", là on avait une quarantaine d'étudiants qui eux, se destinaient plus, comme l'intitulé l'indique au génie industriel, aux mathématiques appliquées et donc, dans le monde industriel c'est tout ce qui est... la **logistique** par exemple, y'a besoin de faire des **prévisions**, c'est évident. Et puis la finance, du côté des Quants... Alors ça, c'est un département qui avec par exemple l'enseignement associé c'est deux cours : un cours qui s'appelle "**Modélisation-Prévision**", avec deux fois **12 séances de 3 heures** (c'est **amphi+TD sur machine, avec environnement SAS**) et puis le deuxième cours, c'est en 3ème année, donc fin d'étude, c'est "**Analyse de données**" (Data mining). C'est toujours avec SAS, SAS Enterprise miner, le module de SAS qui permet de faire du data mining. Et puis, maintenant, je sais que mes collègues ont décidé plus ou moins (mais pas encore), ils vont se diriger vers R, pour des raisons de coût, et puis le fait que eux ce sont plus des matheux purs, et ils tendance à suivre la tendance générale de l'université de **se diriger vers R pour des raisons budgétaires essentiellement**.

09:05 Open Sources quoi...

09:09 Oui, y'a ça aussi bien sûr ! Et puis le fait que le monde industriel a aussi des contraintes budgétaires parfois et donc y'a beaucoup qui s'orientent à essayer d'abandonner les licences des grands logiciels qui coûtent quand-même relativement chers...

09:28 Vous personnellement, vous vous considérez comme un spécialiste des maths ?

09:36 Alors, bon, d'abord moi je suis ingénieur des mines donc au départ, j'ai suivi des cours de Stats aussi... à l'école quoi. Mais, alors, j'étais dans un département d'ingénierie mathématique, donc mes collègues académiques, validés, moi j'ai une thèse, j'ai une thèse de recherche op...

mathématiques appliquées, recherche opérationnelle. Oui je me considère comme hybride. Enfin, vous savez le mot... "hybride " comme j'ai fait de l'informatique appliquée à de l'intelligence artificielle, et comme j'ai fait des stats, beaucoup de manip de stats parce que je faisais du **conseil** en même temps, j'ai fait de la **formation dans le monde industriel**, beaucoup, hein... Et puis je suis **correspondant particulier de SAS** et notamment, je suis un bêta testeur de ces logiciels-là, donc j'ai gardé une double compétence, à la fois au niveau des techniques, et à la fois au niveau du développement des environnements logiciels. Alors, mes collègues de maths diraient non, puisque **j'ai pas fait de thèse dans le monde spécifique des maths**. Mon directeur de thèse était un ponte de l'informatique, donc j'ai fait une thèse d'informatique appliquée mais comme c'est de la recherche opérationnelle, c'est quand-même des **maths appliquées**...

Donc je suis un peu hybride parce que je suis vieux... Ça serait plus possible...

11:12 Vous avez eu une formation spécifique d'enseignement à un moment donné ?

11:18 Ah oui oui, par exemple, oui alors j'ai suivi tous les cours de l'ISUP, au départ Institut de Statistiques des Universités de Paris qui était basé à Jussieu. Là où y'avait Benzécri, enfin bon... Ça vous dit quelque chose ?

11:35 Oui oui...

11:37 Bon, Jean-Paul Benzécri donc l'inventeur de l'analyse factorielle des correspondances, et puis surtout le **formateur d'enseignants**, même encore en activité (encore que... Jérôme Pagès, je pense qu'il n'est plus en activité...) enfin, tous les gens, les bouquins qui sont utilisés style Saporta, Lebart, Morineau, sont de gens qui sont évidemment à la retraite, mais qui ont été formés autour de l'enseignement de Benzécri et du DEA, que je n'ai pas suivi, moi, d'analyse de données, que dispensait Benzécri dans les années 70. Alors, moi j'ai suivi les formations, à l'ISUP, spécialisées sur la modélisation par régression, la modélisation séries chronologiques, et puis j'ai fait Analyse de données aussi. Donc c'est des modules complémentaires que je faisais au titre de la formation permanente à laquelle on avait droit quand on était à l'université à l'époque.

12:46 C'est un bon cadre de présentation. On peut maintenant passer à la deuxième partie sur les perspectives des mathématiques relativement aux ingénieurs... Quels contenus sont utiles à votre avis ? Que peuvent apporter ces contenus au quotidien dans leur métier ?

13:23 Bon, alors il est évident que le monde de l'**ingénieur quel qu'il soit se confronte au problème d'aléatoire** quoi. Et on voit bien... et l'aléatoire, la survenue des **incidents**, les **ruptures de stocks**, les problèmes de **fiabilité**, les problèmes liés à la **finance**, bon c'est évident aussi... donc y'a partout de l'aléatoire ! Ça c'est une première chose, première dimension. Et qui est depuis l'origine la justification de l'enseignement des statistiques dans le monde de l'ingénierie, dans le monde des formations associées. Et puis, y'a une deuxième dimension, c'est que la **masse des données qu'on récupère avec l'informatisation**, la digitalisation, la numérisation, fait que y'a des problèmes spécifiques qui sont générés par ce genre de choses... Et donc, le **data mining**, c'est quelque chose d'absolument **essentiel** pour dire... la fouille de données, l'idée quoi puisse, à partir des données récupérées dans des bases de données que maintenant les informaticiens nous fabriquent sans problème, enfin sans problème... Les supports, les disques durs de stockage, les clouds, etc. toutes ces dispositifs mettent à disposition des gens qui décident (et les ingénieurs c'est des aides à la décision, enfin c'est des **aidants à la décision**, c'est pas toujours eux qui décident, mais, c'est eux qui fournissent les éléments pour décider) sont confrontés à ces problèmes-là, c'est-à-dire : ces bases de données, elles existent certes, mais qu'est-ce qu'on en fait ? Qu'est-ce qu'on en fait ? Et est-ce que les données c'est elles-mêmes de la connaissance (sûrement pas) ? Il faut les

travailler pour qu'elles génèrent éventuellement des éléments de connaissance suite à une interprétation de gens compétents du métier. Donc, **un ingénieur c'est quelqu'un qui est hybride : c'est pas un scientifique pur, c'est un scientifique de plusieurs disciplines, disons il utilise plusieurs disciplines pour constituer la justification technique et scientifique de son métier.** Je pense ça... Même des ingénieurs de spécialité, même des ingénieurs... alors on peut distinguer les écoles généralistes des écoles spécifiques, mais même (alors je connais plus les ingénieurs généralistes, hein...) c'est vrai que c'est gens-là sont à la fois, depuis très longtemps confrontés au problème de **l'aléatoire, et deuxièmement au problème de la masse des données** dont ils disposent, sans savoir trop qu'en faire, du moins pour les aider à prendre des décisions. Et donc ces deux choses-là orientent les enseignement maintenant.

16:21 Et selon vous quelle est la part de théorie dans l'utilisation des statistiques.

16:35 C'est la **discussion hyper classique**... C'est-à-dire que vous avez rencontré ça dans vos interviews, vous me l'avez déjà dit, mais moi je l'ai constaté aussi puisque à force d'échanger avec des collègues d'autres écoles pour savoir "Qui devait enseigner les stats ?, comment les enseigner ?", on est confrontés à **deux modèles** : le modèle qui dit "*bon, bah les stats c'est piloté par l'aval, c'est-à-dire par les gens qui sont demandeurs des traitements statistiques, et il sont de tous bords. Ça peut être, dans les écoles d'ingénieurs, les gens qui sont dans le monde de l'énergie, de la mécanique, des matériaux, de l'informatique même... et chacun s'estime en droit de devoir utiliser des stats et donc de devoir les enseigner de façon que ça soit le plus utilisable possible pour eux*". Et puis, y'a les matheux qui disent "*bah, c'est nous qui possédons les bases théorique qui justifient l'utilisation de ces techniques-là. Il n'est pas pensable d'enseigner correctement les statistiques sans avoir une connaissance rigoureuse de ce que c'est que les probas, les convergences, les choses comme ça...*" Alors, la théorie des tests, c'est évident que si vous connaissez pas les problèmes de convergence, vous avez pas réfléchi à ça, si vous avez pas un fondement correct des probas, eh ben vous aboutissez à une utilisation un peu "bricolante" des choses, qui n'est pas toujours pertinente... Alors **l'idéal évidemment, c'est la double compétence** ! C'est-à-dire d'intégrer dans les formations, dans les équipes enseignantes à la fois des matheux qui ont toute la légitimité, est puis les utilisateurs finaux... parce qu'ils se coltinent les données, ils ont un rapport aux données, eux, alors que **les matheux souvent n'ont pas de rapport aux données.** Ils disent "*de toute les façons, il suffit d'exposer les théories mathématiques, après le reste c'est du business, c'est pas grand chose, ça coule de source...*" Or, il s'avère que quand on a une pratique réelle des données, c'est pas vrai. C'est pas vrai, il faut absolument se coltiner des données (alors je dis pas toujours les exemples jouets qu'on met dans les cours, je parle de vraies données), avec tout le problème de données adhérentes, des choses comme ça... qui donnent lieu à interprétation. **Tant qu'il n'y a pas d'interprétation, on n'a pas fait des stats !**

19:15 Et je dirais, de mettre les mains dans le cambouis... Mais les calculs sont faits par les machines, j'imagine quand-même ?

19:26 Alors y'a des deux... Dans l'enseignement de tronc commun, vous avez 150 étudiants. Les promos aux [ECOLEYANN] c'est **150 étudiants en première année et se rajoute une trentaine admis sur titre en 2ème année** : université, cours du soir du CNAM, et cette hybridation est toute à fait importante quand on fait des cours de statistiques en 2ème et 3ème année, parce qu'on se rend compte que ces gens-là qui se sont déjà coltiné des données, ont un rapport différent au cours de stats : ils ont une demande de fondation, donc ils sont intéressés par les maths qu'il y a derrière et puis surtout par rapport aux jeunes ils ont un esprit de réalité qui est absolument essentiel. Donc moi je milite pour qu'il y ait plus d'admis sur titres dans les écoles d'ingénieurs. Enfin je militais...

Les enseignants, bah vous voyez alors, on fait avec le moyens du bord parce qu'on n'a plus les mêmes ressources qu'avant, c'est-à-dire, à l'école des [ECOLEYANN] qui dépend du ministère de l'Éducation Nationale, et donc ça veut dire avec des politiques de recrutement qui sont liées aux contraintes de l'université de Lorraine. Et bon, vous avez sans doute entendu parlé que les universités jalourent l'autonomie des écoles d'ingénieurs, pour peu qu'elles soient un peu reconnues par elles-mêmes. Et donc ils discutent ils disent "*bon, vous avez des moyens donc les postes, vous verrez après quoi...*" Et ça pose des problèmes : par exemple, mon poste n'a pas été renouvelé. Il est gelé. Ce qui me fait intervenir de temps en temps d'ailleurs pour aider mes collègues...

Il faut absolument... c'est un point sensible l'enseignement des statistiques; enfin, tout ce qui a à voir avec l'aléatoire et de l'importance des données. Et inciter aussi, dans tous les cours (pas celui de première année parce que sur des exemples où les gens travaillent avec des calechettes, pour l'instant, encore que mes collègues se tâtent pour faire les cours comme en 2ème ou 3ème année, c'est-à-dire en utilisant le logiciel JMP, c'est un sous-produit plus convivial de SAS) que les gens se coltinent en direct : le prof il a sa machine devant lui, il fait les démos en direct en même temps qu'il fait le cours, enfin il fait une petite séance de cours et en même temps il manip' les cas particuliers, ce qu'il vient de raconter en direct avec JMP sur le vidéo projecteur. Les étudiants ont eux-mêmes le logiciel installée sur leurs machines qui sont dans la salles, en même temps. Et en fait **les séances de cours (c'est des séances de 3 heures, pour l'instant), c'est, admettons, 3/4 d'heures d'amphi (amphi où y'a qu'un qui cause, c'est le prof quoi), et puis après c'est TD sur machine en direct**, c'est-à-dire que les gens ils manip sur leur propre machine individuelle, leur ordinateur personnel avec JUMP. Et puis, ils proposent des solutions... enfin le prof, en l'occurrence moi ou mes collègues, on discute des solutions proposées en direct. Et sur des vraies données, et ça c'est tout un travail : récupérer plein de données. Enfin c'est faisable maintenant puisque tout est open-source... en fin la plupart open data, disons. C'est assez répandu mais c'est un travail qui est coûteux pour un enseignant que d'aller chercher des données.

Alors évidemment, l'avantage c'est que y'a un partage qui se fait au niveau des collègues, de toutes la France et l'étranger d'ailleurs, y'a des sites internet qui proposent des données, y'a énormément d'exemples, il suffit... enfin Datacamp, Kaggle, etc. Les grandes sites internationaux qui proposent des données. D'ailleurs de façon pas innocente puisque ce sont souvent des problèmes réels dont on se sert du travail collaboratif des internautes, statisticiens, pour les résoudre.

24:51 Justement, ça va dans le sens de la collaboration avec des collègues d'autres disciplines, ou des relations avec des industriels...

25:19 Je donne l'exemple, là où j'ai commencé dans le cours, **en 1972, les chargés de TD étaient des gens du monde industriel**. Ils venaient du nord du département, l'industrie des aciéries, Sacilor, Usinor, etc. Ils descendaient et puis c'était des ingénieurs process ou éventuellement des anciens élèves qui étaient ingénieurs, qui venaient s'occuper d'un sous-ensemble d'une quinzaine d'étudiants... A chaque fois, ils avaient... tous les étudiants faisaient des TD encadrés souvent par des ingénieurs. Alors, ça c'est une première chose.

Et deuxième chose, **les collègues des autres disciplines ont participé**, se sont formés aux stats eux-mêmes en étant **chargé de TD de ces cours-là**. C'est-à-dire à la fois l'énergéticien, parce que l'école des [ECOLEYANN] c'est une école généraliste, mais après les spécialités c'est informatique, c'est les matériaux, c'est l'énergie et c'est la géo-ingénierie, et le génie industriel, bon voilà... Et donc à chaque fois, pendant très longtemps (un peu moins maintenant parce qu'il y a des obligations de rentabilité... entre guillemets un thésard il n'a pas de temps à perdre pour faire sa thèse, il faut pas qu'il se disperse... et c'est souvent mal évalué au niveau

des commissions de spécialistes d'avoir fait autre chose, contrairement à ce qui est dit : quelqu'un qui va faire des enseignement ailleurs que dans sa discipline c'est pas suffisamment bien apprécié... vous êtes peut-être bien placé pour le savoir... et les textes affichent le contraire. Ils disent que c'est bien d'avoir l'ouverture etc.etc. mais quand on dit "ouverture", faut pas que ça soit trop... alors qui juge de ça ? Bah ça dépend de votre commission... Et dans les commissions faut faire attention, y'a souvent des gens qui ont un esprit, je peux le dire, assez corporatif !)...

27:49 Et sinon, sur les constats...

27:50 Non, j'y pense, ce que je dis là est encore plus vrai dans le monde universitaire. Alors ça peut se défendre dans le monde universitaire, mais j'en doute quand-même, mais par contre dans le monde des écoles d'ingénieurs, ça ne se défend absolument pas ! Il faut se rendre compte que les ingénieurs, c'est hybride par définition ! Donc, et puis en plus... enfin, on peut rajouter des choses, enfin bon... pardon... on en était où là ?

28:33 Je voulais vous demander par rapport à l'enseignement lui-même (vous avez côtoyé des générations d'apprentis statisticiens...) est-ce que vous avez rencontré des lacunes récurrentes... et des problèmes de motivation ? Et selon la provenance des cycles préparatoires ?

29:18 Alors bon... ce que j'ai dit tout à l'heure sur les admis sur titres. Alors les admis sur titres qu'on reçoit aux [ECOLEYANN] c'est les Cycles Préparatoires des INP. Y'a Toulouse, Grenoble et Nancy. Et puis ceux qui accèdent aux [ECOLEYANN], bah c'est les meilleurs, donc résultat, je vois pas trop de différence avec les gens qui ont réussi le concours.

Par contre, **les admis sur titre qui viennent du monde industriel** en passant par un BTS et qui ont exercé dans le monde industriel et qui se retrouvent... leurs ingénieurs se rendent compte qu'ils ont un fort potentiel donc ils les envoient faire des formations complémentaires le soir au CNAM etc. C'est **les grands groupes**, c'est Renault, EDF,... qui ont l'habitude de promouvoir les techniciens valeureux comme ils disent. Et donc ils les envoient et on récupère des gens comme ça... des gens, alors, je vous ai dit ça toute à l'heure, ces gens-là ont un potentiel, alors évidemment, **au niveau des maths il sont moins bons que les autres...**

30:45 À quel type de lacunes pensez-vous en disant ça ?

30:49 Ils sont moins bons, c'est-à-dire que **l'idée de modélisation est plus compliquée à intégrer. Les prépas maths sup-maths spé, ont été bourrés à faire des maths et de la physique (enfin ceux qu'on reçoit du moins...) et du coup, toute la technique des puzzles, il savent résoudre les problèmes qu'on leur a pré-mâché** et il suffit d'appliquer les exemples donc la modélisation ils savent faire. Par contre, ils ont tendance... **faire les calculs ça c'est autre chose, ça les embête.** Ils trouvent... **une fois qu'on a trouvé l'idée c'est pas la peine de faire trop de calculs.** Ils ont parfois des **idées extra-ordinaires sur les ordres de grandeurs, alors là, quand ils sont confrontés aux gens admis sur titre (mais du monde industriel) là ça leur fait une claque et c'est très bien,** puisque un ingénieur qui n'a pas le sens des ordres de grandeur, c'est foutu ! Or **les jeunes qui viennent de classe prépa ont une idée assez folklorique des ordres de grandeur...**

Alors ça c'est **l'hybridation par les admis sur titres c'est fondamental !**

Deuxième chose, on a constaté que les gens qui sont matheux matheux, enfin qu'ont réussi les concours parce qu'ils étaient excellents en maths, on a pendant très longtemps et on a toujours des gens qui s'estimaient en droit de réussir, qui se retrouvent aux [ECOLEYANN] et qui la première année, **clandestinement préparent le concours pour un deuxième tour.** Alors y'en a qui réussissent (un tous les deux ans...), mais en fait c'est du temps perdu parce que ça n'a aucun sens et deuxio y'en a certains qui se plantent complètement parce qu'ils ne suivent pas les cours comme il faut... donc du coup **ils se retrouvent en difficulté à l'école des**

[ECOLEYANN]. Enfin, ça c'est marginal, mais ça dénote une **attitude des matheux**, des gens qui ont un tropisme du côté des maths et qui ne savent pas vraiment ce que c'est qu'un ingénieur et qui refusent l'idée d'autres disciplines...

[33:10 Et d'applications aussi...](#)

33:11 Ah oui, alors ça c'est phénoménal...C'est-à-dire que quand ils se retrouvent dans les cours de stats, alors ils sont intéressés par la théorie, parfois, ils **délegitiment les enseignants qui n'insistent pas sur la théorie** (sur les problèmes de convergence par exemple etc.) mais par contre, ils sont **complètement désarçonnés par les données elles-mêmes**... et ils sont en difficulté ! Bon, comme les séances de TD l'avantage c'est que c'est par groupe, et qu'il faut échanger quoi, résultat, ceux qui sont les plus intelligents ils s'en débrouillent assez bien, c'est-à-dire qu'ils rectifient...

Et réciproquement, y'a des gens qui sont, dans le cours que je vais peut-être détailler après (réservé à tous les autres qui ne sont pas du département de spécialité du côté des maths), ces gens-là parfois, on leur a... ils ont le problème de l'approche des stats par l'aval. C'est la seule légitimation, c'est-à-dire que **les maths en amont, c'est pas intéressant !** Alors, ça ils ont torts eux aussi... évidemment, c'est le tropisme... alors j'ai enseigné longtemps aussi en école de commerce à l'INC business school à côté qui était collègue puisque vous savez, l'école des mines elle est intégrée à un machin qui s'appelle ARTEM, ART, Technologie, Management où en fait sur un même campus, enfin maintenant, y'a un nouveau campus, y'a l'école des mines, l'école des beaux-arts, et l'école de commerce de Nancy. Avec des cours hybrides, certains cours qui sont partagés par les 3 formations...

[35:03 C'est pas mal ça...](#)

35:05 Oui, ça donne des trucs très intéressants, enfin bon... j'ai enseigné quelques temps à l'école de commerce et là, je dois avouer que la puissance des logiciels presse-bouton qui donnent des résultats mais qu'on ne sait pas interpréter c'est redoutable...

[35:25 Ça fait des dégâts auprès des étudiants, c'est ça que vous voulez dire ?](#)

35:28 Oui oui bien sûr, ça fait des dégâts. Ces gens-là qui, du côté de la décision, ils interviennent quand-même et donc du coup ils ont une confiance aveugle en les sorties logicielles, mais ils ne savent pas les interpréter, enfin ils ne se rendent pas compte des fois comme quoi c'est stupide...

[35:49 Je comprends...](#)

35:50 Alors ça se voit parfois au niveau des étudiants des mines, donc des gens qui sont plus cursus scientifique, pour ceux qui viennent des options où les maths sont un peu plus éloignées. C'est-à-dire que ceux qui sont en géo-ingénierie par exemple (encore que ceux-là ils sont bizarres, ils ont gardé une compétence mathématique parce que y'a beaucoup de modélisation au niveau de la géo-ingénierie maintenant. Y'a beaucoup de simulations informatiques, et donc ils ont à la fois des compétences informatiques et des compétences mathématiques ce qui n'était pas requis au départ, maintenant ça l'est)... et donc du côté de l'énergie et des matériaux, on a tendance à voir ceux qui étaient les moins bons en maths...

Alors dans les enseignements de statistiques auxquels ils participent, on voit que la partie théorique, ils sont moins concernés. Sauf exception bien-sûr...

[36:50 Et si vous aviez pu réaliser toutes les modifications possibles pour améliorer les choses ?](#)

37:36 ... l'utilisation des nouvelles technologies. C'est-à-dire que chaque cours a une page sur l'intranet sur lesquelles vous mettez les liens nécessaires pour les exos, les solutions, mais aussi pour les vidéos de cours extérieurs et puis les liens biblio qui sont absolument fondamentaux parce que ça permet de faire le lien d'un cours particulier avec un tropisme lié à un enseignant, à l'ensemble de la communauté des enseignants de statistiques Françaises ou étrangères parce que maintenant, les jeunes ils vont voir immédiatement. Quand vous êtes

dans un cours, vous voyez bien les gens qui font du Wikipédia en direct pour vérifier ce que vous dites... c'est redoutable... mais à la fois stimulant ! Bon c'est-à-dire que au départ, on avait essayé d'empêcher, mais c'est stupide. Il faut s'adapter, c'est redoutable mais si vous avez un port de contenus, les gens se rendent compte tout de suite et donc ils adhèrent et puis vous gagnez du temps. Les jeunes, ils ont une capacité d'apprentissage extraordinaire quand-même (il faut le reconnaître, j'ai pas rencontré que le niveau baissait tant que ça, enfin bon...)

Qu'est-ce que j'aurais fait, moi ? j'avais initié déjà ça, c'est utiliser à fond... en fin d'abord maintenir **l'idée qu'il faille manipuler sur des vraies données**. Donc ça c'est absolument vital. Ça se fait au niveau des **projets dans les cours de spécialités**, c'est-à-dire qu'on s'arrange pour que les industriels ou **les partenaires industriels ou de services, proposent des problèmes, des données**, avec un challenge, c'est-à-dire qu'ils assistent à la soutenance, à la présentation des projets, des résultats. Alors ça c'est très très stimulant. Il faut veiller évidemment à ce que ça ne soit pas de la Juve Entreprise masquée.

40:22 Oui...

40:24 Vous connaissez ça la Juve Entreprise. Alors ça c'est un truc qui est répandu dans les écoles d'ingénieurs, faut faire attention à ça aussi. Oui alors, attention, j'ai oublié de le dire, vous l'avez pas marqué dans votre truc, parce que vous ne connaissez pas... Juve Entreprise, l'idée c'est que les écoles d'ingénieurs forment les gens avec les disciplines enseignées mais aussi avec les activités associatives qui sont... n'importe quoi... le sport, l'humanitaire... tout ce que vous voudrez, ou les conférences TEDX puisque à Nancy y'a ça, les conférences TEDX, donc ils organisent ça tous les ans... et y'a toute une équipe autour de ça... bon ! La Juve entreprise (ça date pas d'aujourd'hui) c'est les élèves qui utilisent leur compétence dans les enseignements pour faire du business avec qui ils veulent, avec une charte de contrôle quand-même assez précise, puisque il faut que ça soit, en accord avec le niveau des études qui suivent etc. etc. Ils veulent pas faire du *call center* par exemple... Enfin faut pas que ça dévalorise l'enseignement. Alors souvent faut faire attention que les projets de la Juve entreprise se retrouvent pas dans les projets de votre cours ! Parce que y'a confusion. C'est le problème des emplois fictifs, c'est la même chose (rires !) C'est du travail dissimulé. C'est-à-dire que votre cours il sert à faire du business alors que c'est pas le but !

Par contre, de l'autre côté, au niveau des entreprises la plupart des écoles maintenant cherchent à dire "*on n'a pas assez d'argent, la taxe d'apprentissage ça rentre pas toujours comme il faut... Par contre, si on arrive à intéresser les entreprises, d'abord elles vont payer plus de taxe d'apprentissage et puis peut-être quels vont faire des dons !*" Donc y'a du *found raising* comme on dit au niveau des écoles. D'ailleurs toutes les écoles ont maintenant une fondation où ils vont à la pêche à l'argent...

42:39 Fonds de dotation ?

42:41 Oui c'est les fonds de dotation, c'est-à-dire que vous êtes ancien élève, vous êtes bien placé dans votre entreprise, vous recevez un courrier qui vous dit "*Écoutez, si vous êtes là, c'est parce que vous avez une bonne formation, est-ce que vous pouvez pas en retour faire des dons ?*"

42:57 Oui c'est ça...

42:59 Ça à l'air anodin mais c'est de plus en plus répandu, et ça peut même avoir un effet pervers, c'est-à-dire que les universités peuvent considérer qu'elles peuvent toucher une partie de ce fonds... c'est ce qui se passe à l'université de Lorraine qui pose des questions "*Cette argent que vous récupérez, vous pourriez pas ?...*" Alors évidemment, les gens qui donnent l'argent, ils le donnent pas pour ça... Enfin, on s'écarte un peu mais...

Sachez que récupérer des données, ça peut se faire de plusieurs façons... et c'est pareil, c'est comme les stages, les stages de fin d'étude, dans le monde industriel, souvent se sont des

études d'ingénierie masquées. Un ingénieur qui ne coûte pas cher. Alors, vous allez me dire "Non, c'est quelqu'un en formation etc. !" ce qui est vrai, c'est-à-dire plus c'est stimulant, plus ça a l'air vrai, c'est un vrai problème, plus c'est formateur. Et alors c'est, comme on dit maintenant "gagnant-gagnant", c'est des mots, c'est du management moderne...

44:21 [On peut pour terminer se focaliser sur un cours...](#)

44:43 J'ai choisi un cours qui n'est pas réservé aux gens qui ne sont pas... alors, vous avez compris, y'a une formation de base commune à tous les élèves...

44:56 [Oui, oui, le tronc commun...](#)

44:57 Et ensuite, ils se répartissent dans des départements de spécialités entre guillemets. Y'en a un qui est "Génie Industriel et Mathématiques Appliquées" dans lequel il y a des cours plus spécialisés de stats, liés à SAS et à R.

Alors je parle pas de ces deux cours-là, je voudrais parler plutôt d'un cours qui est ouvert à tous ceux, (alors c'est un cours électif comme on dit, c'est-à-dire que ce sont les élèves qui le choisissent) des autres départements. Il est interdit, à ceux qui font mathématiques appliquées évidemment. C'est tous les autres : énergie, informatique, etc. Ces gens-là, ils estiment en droit qu'ils ont aussi à traiter des données et que le cours de tronc commun de première année, ça leur a bien plu mais ils voudraient en faire plus. Et donc c'est un cours que j'ai proposé qui s'appelle (il est très ambitieux), "**Traitement statistique : de la fouille des données à la prévision**" (rire)

46:13 [Quel volume à peu près ?...](#)

46:15 C'est **12 séances de 3 heures**.

46:25 [Ceux ne sont que des cours magistraux ?](#)

46:29 Alors non, justement c'est l'exemple de ce cours où... alors le problème c'était son succès donc il a été dédoublé plusieurs fois, enfin donc en gros, je m'attachais à ce qu'il n'y ait pas plus de **25 étudiants, 30 maximum dans ce cours**.

46:44 [Pour pouvoir travailler sur leur machine ?](#)

46:46 Oui, c'est ça, alors c'est-à-dire que je les ai (enfin mon collègue qui a repris, enfin j'interviens encore...) on les a devant nous. **Ils ont tous leur machine**, on a une licence pour le logiciel et pour ce cours. J'ai oublié de dire aussi que les cours de spécialité ils sont liés aussi à des masters, c'est-à-dire que viennent aussi dans ces cours-là des gens qui ne sont pas à l'école mais qui sont inscrits en master comme l'école des mines est universitaire, et donc y'a des masters qui sont, évidemment, des gens de la fac qui viennent éventuellement dans ces cours-là...

47:44 [En particulier dans celui-là...](#)

47:46 Alors, dans celui-là, ce sont des gens qui ne sont **pas des matheux**, ce sont des gens qui font des masters de géosciences ou d'énergie, et qui viennent parce que ce cours-là a été mis dans leur cursus de master...

Et la même chose pour les gens du "**Génie Industriel**", les cours spécialisés dont je vous ai parlés, y'a des cours proprement liés à un master de mathématiques appliquées de l'université et ils viennent assister à ces cours-là, enfin les cours qui sont avec SAS. Mais ça c'est autre chose...

On revient sur notre premier cours. **Les gens qui assistent sont tout sauf des gens qui sont matheux appliqués**. Ce sont des gens qui utilisent des maths, utiliseront des stats dans leur recherche, pour ceux qui sont en master et dans leur métier pour ceux qui seront ingénieurs.

Alors "De la fouille à la prévision", ça reprend en gros... y'a un **prérequis** qui est avoir le niveau minimum de cours de 1ère année de tronc commun, c'est-à-dire les gens qui viennent de la fac **faut vérifier qu'ils savent ce que c'est qu'une moyenne, une variance, un écart-type, des**

probas un minimum quoi, et puis qu'ils aient fait un peu de régression simple. Qu'ils aient compris ça.

Le cours commence directement avec la **modélisation par régression multiple**, "y" en fonction d'un certain nombre de variables, "y" étant quantitatif ou qualitatif et puis les variables quantitatives ou qualitatives, c'est-à-dire qu'on fait aussi **régression logistique** etc. En 12 séances y'a 3 modules de 4, y'a des **tests** (je décris comment l'évaluation est faite)

[49:43 On pourra parler de l'évaluation à la fin...](#)

49:45 Oui, à la fin... Donc le cours a pour contenu : **régressions multiples, séries chronologiques, analyse en composante principale, classification automatique** et un machin général sur "fouille de données", enfin **introduction au data mining**, parce qu'on n'a pas le temps de faire autre chose...

Et à chaque fois la forme du cours c'est **3/4 d'heures d'amphi avec manip en direct par le prof** avec JMP pour montrer des exemples réels etc. Et puis derrière **2 heures de TD** en direct... enfin TD, en fait j'arrive pas à isoler, parce que dès qu'il y a besoin d'un point théorique en plein TD, le prof reprend la main. Donc c'est un truc **interactif** de 3 heures (avec une pause évidemment au milieu, sinon ils tiennent pas). Donc interactif, très lié à un **support informatique convivial qui pose pas de problème**. Y'a **pas de problème de point virgule**, enfin **de syntaxe logicielle** parce que ça c'est un problème qui disqualifierait tous les gens qui viennent d'ailleurs (je veux dire pas uniquement ailleurs qu'aux mines mais qui sont dans les autres départements, pas spécialisés : géo-ingénierie, énergie, matériaux...) Il faut que ces gens-là n'aient pas de problème d'apprentissage d'un langage en plus... Il faut que l'outil soit relativement convivial.

On part de l'idée que tous les **gens savent maîtriser une suite bureautique**, enfin Office ou équivalent. Et ils ont fait un peu **d'Excel** donc ils n'ont pas de problème avec gérer des colonnes, des lignes... enfin un minimum d'Excel... Sauf que là c'est pas de l'Excel, c'est du JMP.

[51:46 Je voudrais qu'on parle un peu de la partie théorique et de la partie manipulations.](#)

[D'abord pour les statistiques, quel est le niveau de détails ou d'abstraction que vous attendez ? Et idem dans la partie pratique et logicielle ?](#)

52:26 J'ai choisi ce logiciel là parce que il avait une aide en ligne hypertexte bien fichue, c'est-à-dire que derrière y'a toute une doc à la fois théorique et pratique qui est disponible... dès que vous êtes sur un test etc. vous faites tourner votre souris au-dessus et immédiatement y'a une aide qui apparaît, enfin je sais pas vous avez déjà vus des trucs comme ça ?

[53:00 Des aides contextuelles on appelle ça...](#)

53:02 Oui, **aides contextuelles**. Et puis y'a des **bouquins associés qui sont disponibles en pdf** directement dans le logiciel et puis des **sites web**, etc.

La partie théorique... je suis guidé par quoi ? Par l'idée que **je ne veux pas que ça soit un logiciel presse-bouton. Il faut absolument qu'ils comprennent a minima ce qu'il y a derrière, notamment les tests statistiques et puis les conclusions qu'ils sont à même de tirer, l'interprétation**. Il faut qu'ils sachent qu'est-ce que c'est que l'interprétation d'une régression multiple, d'une série chronologique, d'une analyse en composante principale, d'une classification automatique ou les arbres de décisions, les choses comme ça...

Donc il faut derrière (alors c'est l'objet de ma partie cours), **il faut qu'ils comprennent les maths qu'il y a derrière**. Donc j'en fait très peu, j'ai limité à en gros les bouquins (je sais pas, on vous a peut-être déjà...) les références standards c'est-à-dire que quoi... vous connaissez le bouquin de Tenenhaus, non ?

[54:12 Non, ça ne me dit rien...](#)

54:14 Ça s'appelle "Statistiques : méthodes pour décrire expliquer et prévoir", chez Dunod.

C'est le cours de HEC, voyez ? Vous avec le bouquin de Saporta, vous en avez entendu parler ?

54:26 Oui, ça je connais...

54:31 Le cours du CNAM donc... Gilbert Saporta, y'a peu de temps (puisqu'il est à la retraite maintenant...) il avait la chaire de statistiques et d'analyse de données du CNAM (Conservatoire National des Arts et métiers), et Lebart-Morineau, habituel aussi. Ces bases théoriques, je ne rentre pas dans le détail à ce point-là mais je suis plutôt du côté de Tenenhaus qui faisait un cours pour les HEC mais... c'est musclé quand-même parce que tout le monde ne rentrait pas dedans...

Donc l'idée c'est de trouver (ça c'est le boulot de l'enseignant), **trouver le minimum nécessaire pour que ça soit pas vécu comme une boîte noire...** Alors quand je montre ça à mes collègues matheux purs (enfin purs... probabilistes etc.) ils sont scandalisés ! Ils sont scandalisés, mais certains sont venus suivre le cours... mais d'ailleurs oui, ce qui est intéressant dans ce cours, y'a aussi des collègues qui viennent assister, suivre le cours. Parce que (quand c'était moi du moins, je suis vieux et je suis facile d'accès) les gens avait confiance... Il s'agissait pas de montrer aux autres élèves, enfin les élèves qu'ils avaient en cours par exemple, qu'ils comprenaient pas. Enfin, ils faisaient semblant des fois, mais souvent, l'humilité ça permet de fonctionner quand-même et donc **j'avais pas mal de collègues qui venaient assister au cours pour se former tout simplement.** Savoir de quoi ça parle.

Ces gens-là trouvaient, alors qu'ils n'étaient pas matheux mais qui étaient ingénieurs académiques standards qui avaient fait des sciences quoi, trouvaient que la partie mathématique était quand-même costaud ! Enfin, costaud, il fallait qu'ils s'y remettent.

56:56 Par rapport à vos attentes vis-à-vis des étudiants, on a répondu je pense...

57:05 On va pas se jeter des fleurs mais quand-même, ce genre de démarche, ça marche avec les étudiants ! Parce que ils ont l'impression, d'abord **dès l'instant où ils arrivent à manipuler et à comprendre ce qui se passe sur des vraies données, ça fait tilt !**

57:27 Le côté réaliste...

57:30 Oui, ça fait tilt ! Parce qu'on traite des problèmes "*Est-ce que l'option Walmart est au-delà du marché, en dessous ou dans le marché ?*", pour expliquer une régression simple par exemple. "*Est-ce que la pente est égale à 1 ou pas ?*"... voilà, "*Qu'est-ce que ça veut dire ces trucs-là ?*" **Balancer 2 ou 3 cas concrets de finance.** "*Qu'est-ce que ça veut dire ça ?*", "*Qu'est-ce que c'est le marché ?*", "*Qu'est-ce qui peut le mesurer ?*"... Derrière y'a quand-même une régression simple avec l'idée de comparer la pente à 1. "*Est-ce que la pente est égale à 1 ?*" Ça, un problème comme ça, un exemple tout simple, voyez c'est ça...

Et un truc qui les intéresse beaucoup c'est les points aberrants. Les points aberrants, les points bizarres, le fait qu'on ait un rapport très précautionneux avec l'idée d'aberration. Alors, l'attitude de base c'est de jeter les points bizarres, s'en débarrasser. Et puis le fait de dire que, en fait on peut fonder toute une réflexion sur "*Qu'est-ce que ça veut dire "bizarre"?*", c'est intéressant... C'est éventuellement les nouveautés, les problèmes particuliers, etc. Et "*En quoi un logiciel permet de le faire ?*", parce que vous avez plein de logiciels... bah les données manquantes, il comble, il supprime la ligne. Sans le dire des fois (enfin bon, j'exagère, mais c'est un peu ça des fois...)

Une sorte d'**osmose entre théorie et pratique** (c'est tarte à la crème mais...), aidé par le logiciel. **Sans le logiciel je ne pourrais pas !** En fait c'est ça qui légitime tout l'effort budgétaire que j'ai obligé ma direction à avoir par rapport à l'idée d'avoir une licence-site. Enfin une licence où je puisse le donner aux étudiants...

59:30 Pas seulement qu'ils vous regardent faire...

59:32 Non, regarder faire, ça marche pas ! Ça marche plus, maintenant... Ça marche plus, à

moins d'être un virtuose, mais ça dure pas longtemps, enfin bon... Vous pouvez pas faire le cirque tout seul !

59:47 Et sinon, vous avez parlé de références bibliographiques qui sont fondamentales pour vous. Comment était réalisé le programme de ce cours ? La maquette ? Par qui ?

1:00:16 C'était un truc qu'on a **créé de façon collective** et puis surtout, le fait d'avoir traîné mes guêtres dans tous les machins de formation, d'avoir... **j'ai formé des tas de gens** CNRS, dans les trucs les plus divers, en techniques statistiques ou l'INRS... La formation permanente permet de voir plein de choses, et puis surtout les stages d'étudiants en fin d'étude. Voir tous les problèmes qu'ils rencontrent... Et les anciens élèves (aux mines mais c'est partout pareil...) : pour aider les jeunes. à choisir leur futur carrière, on fait revenir des anciens élèves. Partout y'a ça, c'est le boulot des directions pédagogiques que de faire des cafés (je sais plus comment ça s'appelle maintenant, enfin ça a un machin américain...) les anciens reviennent et expliquent et les jeunes n'hésitent pas à poser des questions : "*Ça sert à quoi ce truc-là, etc. ?*" Là, y'a un retour des anciens élèves et y'a un retour...

Enfin moi, le fait d'être **bêta-testeur de logiciel**, je participe aux colloques systématiques d'utilisateurs de SAS, de JMP, enfin un peu n'importe quoi, et j'interviens dans des groupes d'utilisateurs européens de ces machins-là, en retour, on voit comment il faut faire évoluer les choses. Bon, après **c'est une décision collégiale au niveau du département**.

En enseignement. Ça s'est toujours à peu près bien passé... Après, je dois avouer que sur la fin, ça devenait un peu délicat, vu la raréfaction des postes, chacun veut... et puis **les postes sont pilotés par la recherche et donc l'enseignement**, on s'en fout un peu même dans les écoles d'ingénieurs. Faut pas dire ça : **ça vient en second** (on dit comme ça, c'est plus politiquement correct) et quand on a besoin d'un chercheur en plus on trouvera bien un enseignement à lui faire faire. Et alors ça, c'est au détriment évidemment d'une réflexion fondée sur... tout le monde ne peut pas enseigner avec les niveaux d'exigences qui sont requis, c'est-à-dire que faire un cours à la craie (ou ce que vous voulez) d'équations aux dérivées partielles ou des machins comme ça, en gros, le dos aux étudiants, c'est faisable. Bon c'est parfois rentable quand les étudiants sont hyper motivés et qu'ils viennent de la taupe, et qu'ils sont dans la continuité de la taupe, c'est tout quoi...mais un enseignement où **on veut être en prise directe sur des problèmes réels**, toujours en maintenant l'idée de **modélisation mais avec l'idée que ça puisse s'appliquer, sans que ça soit bidon**, bah c'est autrement exigeant ! Et les jeunes collègues qui sont embauchés, c'est très inégal.

1:03:55 Et vous avez parlé de faire cours dos aux étudiants... Vous pour ce cours-là, vous avez utilisé des supports en plus du logiciel...

1:04:06 Tout est vidéo **projeté** évidemment. Tout ce que je fais est vidéo projeté. Les étudiants ont le **support pdf** sur leur machine...

1:04:23 Et vous avez des traces ?

1:04:29 Des traces oui... mais alors je voudrais pas non plus porter du tort à mes collègues... Faut que je regarde.. parce qu'ils font leur propre machin maintenant, donc...

1:04:41 Bien-sûr, mais on parlera de ce que vous avez fait...

1:04:44 D'accord, plutôt moi, parce que le reste...

1:04:47 Non, bien-sûr...

1:04:48 Chacun fait comme il veut maintenant... même si bon, y'en a qui transportent mes vieux powerpoint en keynote parce qu'ils ont... c'est normal, ça fait partie du boulot. Moi, j'ai hérité aussi de ce qu'ont fait mes anciens...

1:05:03 Et avant de terminer sur l'évaluation, avez vous fait travailler vos étudiants dans une attente de communication entre eux de leurs résultats et de collaboration ?

1:05:30 Quand vous avez un projet, par exemple, un des modes d'évaluation c'est un projet...

c'est-à-dire un paquet de données, ça peut être n'importe quoi, prenons l'exemple "Le monde du Football en Europe" par exemple. Et vous avez tous les chiffres obtenus par le cabinet qui juge la richesse des clubs, et tous les championnats européens par exemple (alors je ne sais pas si le football ça vous intéresse ou pas...). Du coup, vous avez un paquet de données considérable, et l'idée c'est "*Vous vous débrouillez avec ça, vous en tirez quelque chose et vous faites un exposé... de 20 minutes*" (enfin pas la thèse en 3 minutes), mais "*En 15 minutes, vous devez expliquer ça à vos collègues !*". Ça c'est la première chose. Et maintenant (ça ce n'est pas de mon fait, mais c'est un truc que je trouve très très bien), c'est mes collègues qui sont en charge des masters spécialisés, comme ils avaient mis mon cours dans leur master, une des obligations c'était qu'ils proposent une communication scientifique dans les normes c'est-à-dire (faut écrire, si vous publiez pas vous disparaissent), l'idée c'est de préparer déjà l'exposé du projet des étudiants sous forme d'une communication. En anglais. C'est le genre de trucs, certains ont utilisé le cours de stats comme étant le support de leur communication. Alors là, je n'ai pas de trace, c'est pas moi qui ai géré ça... mais voilà un exemple. Alors, ça c'est pas de mon fait, mais j'ai trouvé que c'était, vu les exigences actuelles des gens qui veulent travailler dans la recherche, c'est une bonne préparation.

Parce que faut pas oublier que les gens qui font des écoles d'ingénieurs, sont pénalisés un peu par rapport à ceux qui sont à la fac parce que, par exemple, dans un enseignement de fac où on repère certains étudiants assez rapidement comme étant susceptibles d'aller faire de la recherche, on les associe tout de suite dans les équipes qui publient (enfin, je sais pas si c'est votre cas... vous êtes en didactiques des maths ? Votre patronne, elle fait ça, non ?). L'idée c'est y'a déjà des gens qui sont en master et qui ont déjà publié, et l'élève ingénieur quand il sortait de son école et qu'il se dirigeait vers la recherche, il n'avait pas de publi... Donc l'idée c'est de palier ce truc-là...

C'est une idée qui n'était pas la mienne, et j'ai trouvé que c'était une bonne idée.

1:08:34 Pour terminer, quelle type d'évaluation avez-vous pratiqué et comment conceviez-vous les sujets ?

1:08:45 Alors, je parle du dernier cours, je limitais à 25-30 maximum pour les effectifs. C'est-à-dire en gros, je peux voir tout le monde comme il faut à peu près. L'idée c'est, **y'a une note de gueule comme on dit c'est-à-dire voir l'attitude, la réaction, les gens qui posent des questions** etc. Ça c'est un truc en plus... Alors, l'évaluation se fait dans ce cours-là par **2 tests et 1 projet**. C'est-à-dire 2 tests c'est quoi ? C'est pendant **2 heures**, ils sont **seuls devant leur bécane**, et je leurs donne un paquet de données et ils s'agit (je coupe en 2) de modélisation, régression et séries chronologiques. **Je leur donne un paquet de données** dont les données sont structurées par rapport au temps, des données mensuelles etc. sur la production laitière ou je sais pas quoi... enfin **ça dépend des données que je trouve au dernier moment** quoi... avec des paramètres [susceptibles d'expliquer que] sont elles-mêmes des séries chronologiques. Donc y'a deux aspects, y'a l'aspect régression multiple, et l'aspect éventuellement tenir compte que les données sont structurées par rapport au temps, donc les séries chronologiques, c'est régression dynamique comme on dit.

Donc, ils ont un paquet de données comme ça et **pendant 2 heures, disons 3** parce que des fois... **ils me rédigent** avec le logiciel et puis Word ou Office ou ce qu'ils veulent, ils me rédigent **un document qu'ils m'envoient à la fin de la séance**.

Pareil, pour le 2ème test, c'est "Analyse de données", dont la c'est un paquet de données sur... alors comme mon cours est pluri-disciplinaire, je ne peux pas faire un truc sur la géotechnique, sur l'énergie... Enfin, ça dépend, les collègues ils le savent que c'est pas... que même si mes étudiants sont en master de géo-ingénierie, bah des fois c'est des données économiques... mais c'est pas gênant... enfin j'ai négocié ça... Et donc pendant 2 heures (ou 3) il rédigent un

document là-dessus.

En parallèle y'avait un projet. C'est un **projet par groupe**. Là ils se mettaient **par 3**, mais c'est en-dehors du cours, c'est-à-dire ils doivent réfléchir sur **un paquet de données, un problème, et me rédiger quelques pages et faire une soutenance de 15 minutes**.

Et l'ensemble de tout ça, quand je disais une note de gueule ça veut dire que j'arrive à savoir qui est qui, enfin *a minima*, pour, par exemple, dans les projets, quand ils sont à 3, c'est pas toujours évident de savoir qui fait quoi... bien sûr et le test plus ce qui se passe, les questions posées etc.

Et disons que la base minimale est souvent atteinte, donc les gens sont entre... enfin quand on regroupe toutes ces évaluations-là, ça fait une note, qui est toujours (et **c'est un problème d'ailleurs en conseil de profs, les gens qui veulent des gaussiennes avec des sales notes et des excellentes notes**), ils comprennent pas que dans un cours comme ça les gens soient souvent... **ça commence à "assez bien"**... Simplement parce que je vois pas pourquoi je descendrais les notes pour avoir une gaussienne et avoir des notes à un niveau que je trouve correct, il faudrait les descendre à un niveau pas bon. Vous voyez ce que je veux dire ?

1:13:14 Oui oui tout à fait.

1:13:16 C'est difficile de ne pas expliquer pour les gens qui ne font qu'un test. Évidemment y'a des sales notes, mais par contre, moi y'a des gens qui au premier test se plantent, mais au deuxième sont bon et le projet n'est pas mauvais, donc ils ont un niveau correct...

Le retour de l'évaluation des étudiants : ça leur plaît. Vous allez me dire : "Ça leur plaît parce qu'ils n'ont pas de sales notes !"

1:14:30 On a vraiment fait le tour du guide d'entretien... Est-ce que vous avez des suggestions ou des remarques ?

1:14:45 En gros, je serai curieux de voir ce que vous allez en faire... Si vous voulez, les modifications éventuelles ou les compléments, je ne vois pas tout de suite...

1:14:59 Oui, je comprends... Je reviendrai éventuellement vers vous pour le diaporama du cours...

1:15:20 Oui, pendant que j'y pense, y'a aussi la réutilisation massive de ce que les collègues enseignants, en France ou ailleurs, mettent au service de chacun. Je ne sais pas si vous connaissez un jeune collègue (moyennement jeune maintenant) un enseignant de Lyon, il a mis en ligne tous ces cours et toute une discussion, et il fait des tutoriels extraordinaires. Voilà quelqu'un qui rend service à la communauté ! Et tous les gens de l'agro-campus de Rennes, vous connaissez des gens de l'agro-campus de Rennes ?

1:16:03 Oui oui j'en ai entendu parler... pas précisément pour ça mais...

1:16:06 Tout le monde utilise... Les gens qui enseignent R, comme moi, pas en JMP mais en R, utilisent à fond tous les cours de Pagès, de... je ne sais plus comment il s'appelle, de tous les collègues qui sont... j'ai pas les bouquins, si... François Husson, etc. Jérôme Pagès de l'agro-campus de Rennes. Évidemment, il publie aux Presses Universitaires de Rennes, mais leur site y'a tout, y'a des vidéos, des chaînes Youtube entièrement consacrées à l'enseignement des stats...

1:16:44 D'accord, je regarde...

1:16:45 Que tout le monde utilise en fait... Pareil pour Stéphane Tufféry, qui fait du data mining et statistiques décisionnelles : l'intelligence des données, chez Technib. Lui il a un site web aussi. Et les collègues anglo-saxons, ils mettent même leurs bouquins en ligne en pdf. Les classiques de l'enseignement du data mining sont des bouquins qui sont édités chez Springer-Verlag, qui sont accès libres en pdf parce qu'ils estiment qu'ils doivent ça à la communauté internationale. Y'a des gens extraordinaires ! Je les mettais sur mes pages

intranet...

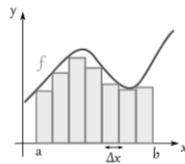
1:17:36 Pour moi, c'est OK... Je vous remercie... N'hésitez pas si vous avez des choses à rajouter...

[FIN]

3.2 Le cours de Marianne sur l'intégrale de Riemann

Limites de l'intégrale de Riemann

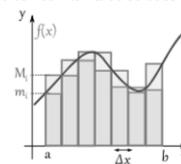
- Rappel : interprétation graphique
 - Aire "sous la courbe"



- Découpage sur l'axe des x
- f : représentée par des fonctions en escalier

Limites de l'intégrale de Riemann

- Rappel : interprétation graphique
 - f peut être encadrée sur les intervalles de subdivisions



- Sommes de Darboux - Partition P des x

$$s_P = \sum_{i=1}^n m_i(x_i - x_{i-1}), S_P = \sum_{i=1}^n M_i(x_i - x_{i-1})$$

Limites de l'intégrale de Riemann

- Jouons avec les sommes...
 - Par définition, $s_P \leq S_P$
 - Intégrale inférieure de $f(x)$ sur $[a, b]$

$$I^-(f, a, b) = \int_a^b f(x) dx = \sup_P s_P$$

- Intégrale supérieure de $f(x)$ sur $[a, b]$

$$I^+(f, a, b) = \int_a^b f(x) dx = \inf_P S_P$$

Limites de l'intégrale de Riemann

- Définition plus complète de l'intégrale de Riemann
 - Soit f bornée sur $[a, b]$. Si $I^-(f, a, b) = I^+(f, a, b)$, alors f est Riemann-intégrable et

$$\mathcal{R} \int_a^b f(x) dx = I^-(f, a, b) = I^+(f, a, b)$$

- Théorème fondamental

$$F(x) = \int_a^x f(t) dt \text{ primitive de } f$$

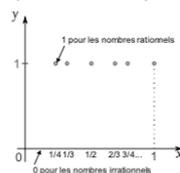
$$f(b) - f(a) = \int_a^b f'(t) dt$$

- Hypothèses fortes
 - Continuité de f
 - Existence d'une dérivée seconde

Limites de l'intégrale de Riemann

- Et si l'intégrale de Riemann n'existe pas ?
 - Considérons la fonction indicatrice sur l'ensemble E

$$\chi_E(x) = \mathbb{1}_E(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \notin E \\ 1 & \text{si } x \in E \end{cases}$$
 - Que vaut $\int_0^1 \mathbb{1}_Q(x) dx$? (fonction de Dirichlet)



Limites de l'intégrale de Riemann

- Et si l'intégrale de Riemann n'existe pas ?
 - Dans ce cas, $I^-(\mathbb{1}_Q, 0, 1) = 0$ et $I^+(\mathbb{1}_Q, 0, 1) = 1$
 - ... et la fonction n'est pas intégrable au sens de Riemann !
 - Dommage, car on en a besoin dans les calculs de probabilités, des séries de Fourier...
 - Phénomène identique pour fonctions oscillantes

Que faire alors ?

- Une idée lumineuse de Lebesgue (1902) : raisonnons à l'envers !

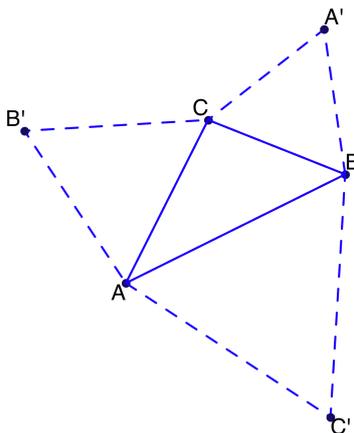
Annexes du chapitre 4

4.1 Les exercices des entretiens en CPI

Pour les exercices proposés ci-dessous, on demande de chercher à les résoudre en essayant de détailler au maximum la méthode, les étapes et les aides utilisées.

Exercice 1 (version courte)

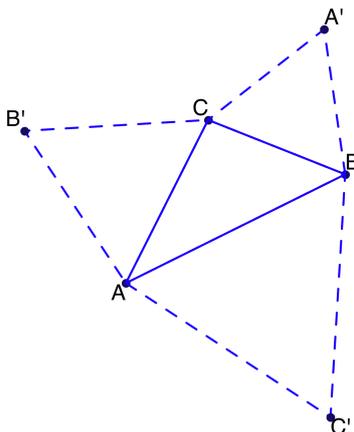
On considère les points A, B, C d'affixes respectives a, b et c dans le plan complexe. On construit alors les trois triangles équilatéraux directs (ACB') , (CBA') et (BAC') comme sur la figure ci-dessous :



Montrer que les centres de gravité (non représentés) des trois nouveaux triangles forment un triangle équilatéral.

Exercice 1 (version détaillée)

On considère les points A, B, C d'affixes respectives a, b et c dans le plan complexe. On construit alors les trois triangles équilatéraux directs (ACB') , (CBA') et (BAC') comme sur la figure ci-dessous :



Montrer que les centres de gravité (non représentés) des trois nouveaux triangles forment un triangle équilatéral.

1. Soit r_B la rotation de centre B et d'angle $\frac{\pi}{3}$. Déterminer les images de A par r_B . En déduire l'affixe de C' en fonction de a et b .
2. Calculer alors l'affixe du centre de gravité G_1 du triangle (BAC')

- De même que précédemment, calculer les affixes de centres de gravité G_2 et G_3 des triangles (CBA') et (ACB') .
- En déduire que les points G_1, G_2 et G_3 forment un triangle équilatéral.

Exercice 2 (version courte)

Résoudre l'équation différentielle d'inconnue y suivante :

$$y''(t) - 2y'(t) - 8y(t) = \sin^2(t)$$

Exercice 2 (version détaillée)

On se propose de résoudre l'équation différentielle d'inconnue y suivante :

$$y''(t) - 2y'(t) - 8y(t) = \sin^2(t)$$

- Résoudre l'équation homogène associée.
- Linéariser le second membre.
- Résoudre chacune des deux équations obtenues et appliquer le principe de superposition pour conclure.

Exercice 3 (version courte)

Soit $n \in \mathbb{N}$. Calculer la puissance nième de la matrice

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Exercice 3 (version détaillée)

Soit $n \in \mathbb{N}$ et A la matrice

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- Calculer la puissance 3ème de la matrice $B = A - \text{Id}$.
- En déduire le calcul de A^n .

4.2 Travaux des étudiants du CPI sur les exercices

(ADELE)

Exercice 1 (~15 minutes).

$$y''(t) - 2y'(t) - 8y(t) = \sin^2(t)$$

$$(H) \quad y''(t) - 2y'(t) - 8y(t) = 0$$

$$r^2 - 2r - 8 = 0$$

$$\Delta = 4 - 4(1)(-8) = 4 + 32 = 36$$

$$r_1 = \frac{2-6}{2} = -2$$

$$r_2 = \frac{2+6}{2} = 4$$

$$S_H = \left\{ Ae^{-2t} + Be^{4t}, (A, B) \in \mathbb{R}^2 \right\}$$

$$\sin^2(t) = \frac{1 - \cos(2t)}{2}$$

$$(1) \quad y'' - 2y' - 8y = \frac{1}{2} \quad \text{on a } y_p(t) = \alpha$$

$$-8\alpha = \frac{1}{2} \quad \Leftrightarrow \quad \alpha = -\frac{1}{16}$$

$$(2) \quad y'' - 2y' - 8y = \frac{\cos(2t)}{2}$$

$$y_p(t) = \lambda \cos(2t) + \mu \sin(2t)$$

$$y_p'(t) = -2\lambda \sin(2t) + 2\mu \cos(2t)$$

$$y_p''(t) = -4\lambda \cos(2t) + 4\mu \sin(2t) \quad (=1)$$

En remplaçant, on obtient:

$$\mu = \frac{1}{20} \quad \lambda = \frac{3}{20}$$

$$\text{Donc } y(t) = Ae^{-2t} + Be^{4t} + \frac{1}{20} \sin(2t) + \frac{3}{20} \cos(2t) - \frac{1}{16}$$

Exercice 3 (~ 15 mn)

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$A^2 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 5 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$A^3 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 5 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 9 \\ 0 & 1 & 3 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$A^4 = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 14 \\ 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Hypothèse: $A^n = \begin{pmatrix} 1 & n & \frac{(n+1)(n+2)}{2} - 1 \\ 0 & 1 & n \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

Ini

$$A^0 = I_3$$

$$A^0 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \frac{1+2}{2} - 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = I_3$$

Héré

$$A^{n+1} = \begin{pmatrix} 1 & n & \frac{(n+1)(n+2)}{2} - 1 \\ 0 & 1 & n \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

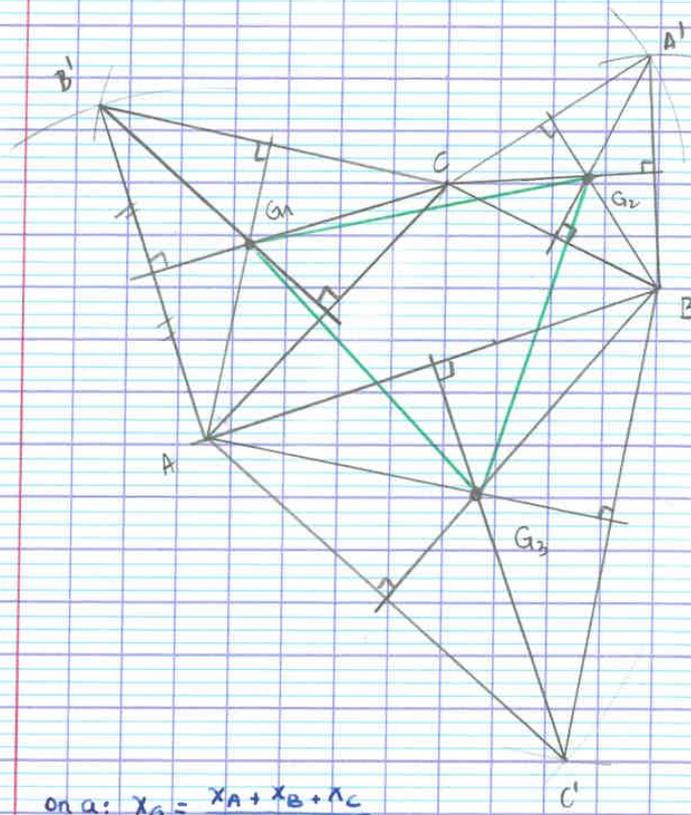
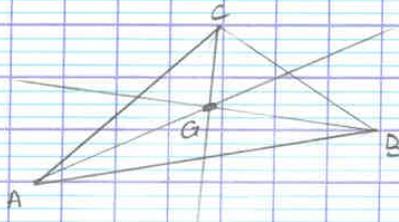
$$= \begin{pmatrix} 1 & n+1 & 2+n+\frac{(n+1)(n+2)}{2} - 1 \\ 0 & 1 & n+1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 1 & n+1 & \frac{(n+3)(n+2)}{2} - 1 \\ 0 & 1 & n+1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

On a bien $A^n = \begin{pmatrix} 1 & n & \frac{(n+1)(n+2)}{2} - 1 \\ 0 & 1 & n \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

Exercice 2 (~1h)

Centre de gravité : où les médianes sont concourantes



- G_1, G_2, G_3 sont:
- Centre de gravité
 - orthocentres
 - centres des cercles inscrits

on a: $x_G = \frac{x_A + x_B + x_C}{3}$

$y_G = \frac{y_A + y_B + y_C}{3}$

Plan complexe: $j = e^{\frac{2i\pi}{3}}$

On a: B image de A par rotation d'angle $-\frac{2\pi}{3}$ par rapport à G_3 .

$(a - g_3) = j(b - g_3) \quad (1)$

De même: $(b - g_2) = j(c - g_2) \quad (2)$

$(c - g_1) = j(a - g_1) \quad (3)$

On réécrit (1): $a - g_3 = j(b - g_3) \Leftrightarrow a - jb = g_3(1 - j)$

De même:

$$(2) \Leftrightarrow b - jc = g_2(1 - j)$$

$$(3) \Leftrightarrow c - ja = g_1(1 - j)$$

On combine (1) et (2) en les soustrayant:

$$\begin{aligned}(1) - (2) &\Leftrightarrow (1 - j)(g_3 - g_2) = a - jb - b + jc \\ &= a - (1 + j)b + jc \\ &= a + j^2b + jc \\ &= j^3a + j^2b + jc\end{aligned}$$

(on cherche à factoriser par j^2 pour faire apparaître une rotation d'angle $\frac{\pi}{3}$).

$$\begin{aligned}(1) - (2) &\Leftrightarrow (1 - j)(g_3 - g_2) = j^2(ja + b + jc) \\ &= j^2(ja + b + (-1 - j)c) \\ &= -j^2(-ja + c + cj + b) \\ &= -j^2(g_1(1 - j) - g_2(1 - j)) \\ &= -j^2((1 - j)(g_1 - g_2))\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\cancel{(1 - j)}(g_3 - g_2) &= \cancel{(1 - j)}(g_1 - g_2) \cdot (-j^2) \\ (g_3 - g_2) &= (g_1 - g_2) e^{i\frac{\pi}{3}}\end{aligned}$$

Donc G_3 est l'image de G_1 par rotation d'angle $\frac{\pi}{3}$ par rapport à G_2 .

De m[^] pour les autres points

Donc G_1, G_2, G_3 triangle équilatéral.

(BERTRAND)

exercice 1:

$$y''(x) - 2y'(x) - 8y(x) = \sin^2(x)$$

* solution homogène:

$$y^2 - 2y - 8 = 0$$

$$\begin{aligned} \Delta &= (-2)^2 - 4 \times 1 \times -8 \\ &= 36 \\ &= 6^2 \end{aligned}$$

$$y_1 = \frac{2-6}{2 \times 1} = -2$$

$$y_2 = \frac{2+6}{2 \times 1} = 4$$

$$y_R = C_1 e^{-2x} + C_2 e^{4x}$$

* solution particulière

$$p(x) = \alpha \cos(x) + \beta \sin(x)$$

$$y_P(x) = A \cos(x) + B \sin(x)$$

$$\sin^2(x) = \frac{1}{2} (1 - \cos(2x))$$

$$p(x) = \text{constante} = A$$

$$y_P(x) = \text{constante} = A$$

$$\cos 2x = 1 - 2\sin^2 x$$

$$\sin^2 x = \frac{1 - \cos 2x}{2}$$

$$y''(x) - 2y'(x) - 8y(x) = \sin^2 x$$

$$y''(x) - 2y'(x) - 8y(x) = \frac{1 - \cos 2x}{2}$$

Donc $\cos 2x$

$$y''(x) - 2y'(x) - 8y(x) = \frac{1}{2} - \frac{x}{2}$$

$$y_p(x) = ax^2 + bx + c$$

$$y_p'(x) = 2ax + b$$

$$y_p''(x) = 2a$$

$$2a - 2(2ax + b) - 8(ax^2 + bx + c) = \frac{1}{2} - \frac{x}{2}$$

$$2a - 4ax - 2b - 8ax^2 - 8bx - 8c = \frac{1}{2} - \frac{x}{2}$$

$$-8ax^2 - (4a + 8b)x - 2a - 2b - 8c = \frac{1}{2} - \frac{x}{2}$$

Donc identification:

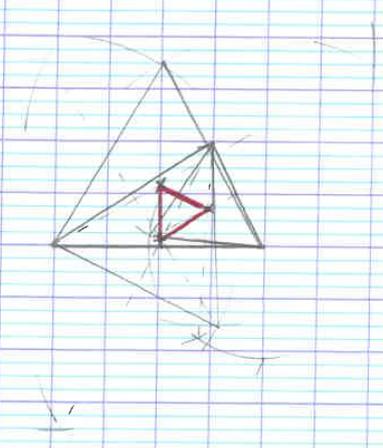
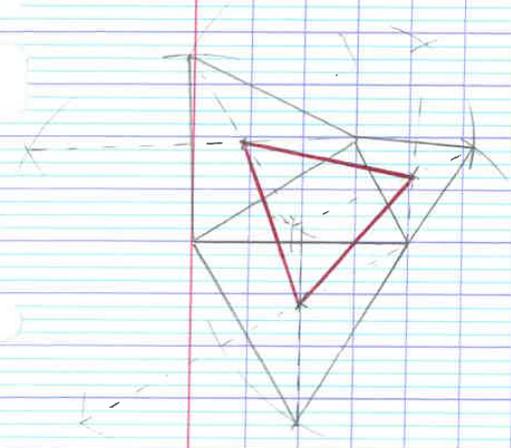
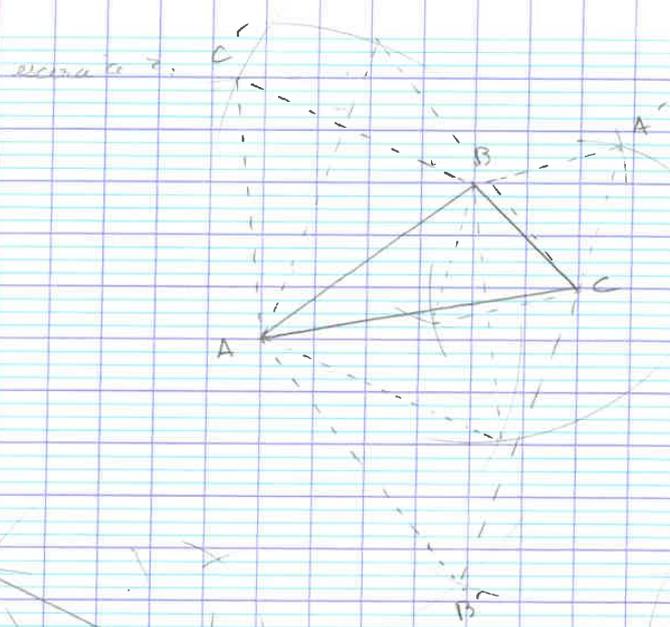
$$\begin{cases} -8a = 0 \\ -4a - 8b = -\frac{1}{2} \\ -2a - 2b - 8c = \frac{1}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0 = 0 \\ b = \frac{1}{16} \\ c = -\frac{5}{64} \end{cases}$$

$$\text{Donc } y_p(x) = ax^2 + bx + c$$

$$\frac{\cos 2x}{16} = \frac{5}{64}$$

$$y(x) = C_1 e^{-2x} + C_2 e^{4x} + \frac{\cos 2x}{16} - \frac{5}{64}$$



rotation $z-w = e^{i\theta}(z-a)$
 $z = w + e^{i\theta}(z-a)$

$z_A, \frac{\pi}{3} (c) - a + e^{i\frac{\pi}{3}}(c-a) = b'$

$z_A, \frac{2\pi}{3} (c) - a + e^{i\frac{2\pi}{3}}(c-a) = b'$

$BB' = |b' - b|$
 $= |a + e^{i\frac{\pi}{3}}(c-a) - a - e^{i\frac{2\pi}{3}}(c-a)|$
 $= |e^{i\frac{\pi}{3}}(c-a) - e^{i\frac{2\pi}{3}}(c-a)|$
 $= |c-a|$
 $= CC'$

même chose pour les autres points

exercice 3.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$A^2 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 5 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$A^3 = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 9 \\ 0 & 1 & 3 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$A^n = \begin{pmatrix} 1 & n & 2^n + n \\ 0 & 1 & n \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

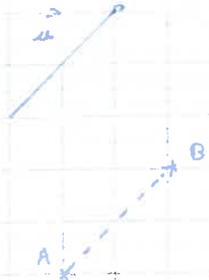
suite exercice 2

conclusion

$$AA' = BB' = CC'$$

Donc les joints de gravité forment un triangle équilatéral.

$T_{\vec{u}}(A) = B$ tel que $\vec{AB} = \vec{u}$



translation *éloignement* dans l'espace

même *longueur*

BC

cl :

rotation :

sur une flèche

$$Z - \omega = e^{i\theta} (z - \omega)$$

$$Z - \omega = e^{-i\theta} (z - \omega)$$

$$z_A \begin{cases} c \rightarrow c \\ z \rightarrow a + e^{i\frac{2\pi}{3}} (z - a) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \theta = \arg \left(\frac{z_0 - z_\Omega}{z_A - z_\Omega} \right) \quad [2\pi] \\ |z_A - z_\Omega| = |z_0 - z_\Omega| \end{cases}$$

$$z_{A, \frac{2\pi}{3}}(c) = a + e^{i\frac{2\pi}{3}} (c - a) = b'$$

$$\begin{vmatrix} z_0 - z_\Omega \\ z_A - z_\Omega \end{vmatrix} = 1$$

$$z_{A, \frac{4\pi}{3}}(c) = a + e^{i\frac{4\pi}{3}} (c - a) = b$$

$$d'ou' \frac{z_0 - z_\Omega}{z_A - z_\Omega} = e^{i\theta}$$

Car donc

$$\begin{aligned} BB' &= |b' - b| \\ &= |a + e^{i\frac{2\pi}{3}} (c - a) - a - e^{i\frac{4\pi}{3}} (c - a)| \\ &= |e^{i\frac{2\pi}{3}} (c - a)| \\ &= |c - a| \\ &= CC' \end{aligned}$$

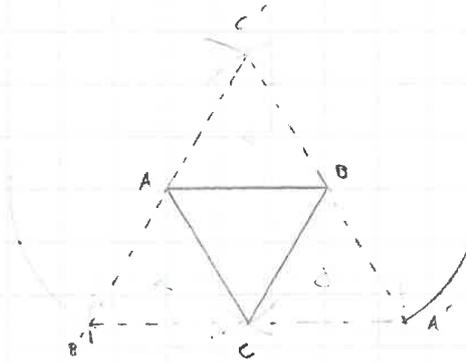
$$\begin{aligned} z_0 - z_\Omega &= e^{i\theta} (z_A - z_\Omega) \\ Z - \omega &= e^{i\theta} (z - \omega) \end{aligned}$$

$$ii. z_c, \frac{\pi}{3} (b) = a'$$

$$z_c, \frac{\pi}{3} (b') = a$$

$$iii. AA' = BB' = CC'$$

h.i



On suppose ABC est équilatéral

$$c' - a' = e^{i\frac{\pi}{3}} (b' - a')$$

$$c' - b' = e^{i\frac{\pi}{3}} (a' - b')$$

$$a' - c' = e^{i\frac{\pi}{3}} (b' - c')$$

$$b' - a' = e^{i\frac{\pi}{3}} (c' - a')$$

$$H \in \mathbb{C} \quad y_p(x) = 2t \cos x + x^2 - 6x + 3$$

$$y(x) = y_p(x) + y_h(x) \\ = C_1 + 2 \sin x + C_2 \cos x - 2t \cos x + x^2 - 6x + 3$$

$$y''(x) = 2y'(x) - 8y(x) = \sin^2 x$$

$$y'' + 2y' - 8y = 0 \quad y_1 = 2$$

$$y_2 = -4$$

$$y_h(x) = C_1 e^{2x} + C_2 e^{-4x}$$

$$y''(x) + 2y'(x) - 8y(x) = 1 - 2 \sin^2 x \\ \sin^2 x = -\cos 2x + 1$$

$$y_p(x) = ax^2 + bx + c$$

$$y_p'(x) = 2ax + b$$

$$y_p''(x) = 2a$$

$$\cos 2x = x$$

$$2a + 4ax + 2b - 8ax^2 - 8bx - 8c = -1x + 1$$

$$-8ax^2 + (4a - 8b)x + 2b + 2a - 8c = \frac{-1}{2}x + \frac{1}{2}$$

$$\begin{cases} -8a = 0 \\ 4a - 8b = \frac{-1}{2} \\ 2b + 2a - 8c = \frac{1}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} a = 0 \\ b = \frac{1}{16} \\ c = \frac{-5}{64} \end{cases}$$

$$y_p(x) = \frac{\cos 2x}{16} - \frac{5}{64}$$

$$y(x) = C_1 e^{2x} + C_2 e^{-4x} + \frac{\cos 2x}{16} - \frac{5}{64}$$

$$y(x) = \frac{3}{80} \cos 2x - \frac{1}{80} \sin 2x + C_1 e^{2x} + C_2 e^{-4x}$$

(CAROLINA)

$$\textcircled{1} \quad y''(t) - 2y'(t) - 8y(t) = \sin^2(t)$$

$$\frac{d^2 y(t)}{dt^2} - 2 \frac{dy(t)}{dt} - 8y(t) = \sin^2(t)$$

Aide de la pol:

- Résolution de l'équation homogène

On considère dans un 1^{er} temps $c(t) = 0$ et on a l'éq. homogène:

$$y''(t) - 2y'(t) - 8y(t) = 0$$

On considère ensuite l'éq. caractéristique:

$$r^2 - 2r - 8 = 0$$

On. le signe du discriminant:

$$\Delta = (-2)^2 - 4 \cdot (-8) = 4 + 32 = 36$$

$\Delta > 0$, l'éq. admet deux racines réelles distinctes r_1 et r_2
les solut^o de l'éq. sont:

$$y_h(t) = A e^{r_1 t} + B e^{r_2 t}$$

On calcule r_1 et r_2 :

$$\frac{2 \pm \sqrt{36}}{2} = \frac{2 \pm 6}{2} \Leftrightarrow r_1 = 4 \text{ et } r_2 = -2$$

$$y_h(t) = A e^{2t} + B e^{-4t}$$

- On cherche maintenant les équations particulières.

$c(t)$ sous la forme $\sin^2(t)$

$\sin^2 x$ n'est pas linéaire

On la met sous une forme linéaire: $\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos(2t)$

Donc on a le cas:

$$c(t) = \alpha \sin(\omega t) + \beta \cos(\omega t)$$

$$\alpha \sin(2t) = \frac{1}{2} \quad \beta = -\frac{1}{2} \quad \omega = 2$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \operatorname{cosec}(2t)$$

$a \neq 0$ et $b \neq \omega^2$, on cherche donc une solut^o part^o sous la forme:

$$C \sin(\omega t) + D \cos(\omega t)$$

- Solution de l'éq: $y_h(t) + y_p(t)$

• Aide du wolfram alpha:

→ la solut^o part. va être la somme des deux solut^o part :

$$y''(t) - 2y'(t) - 8y(t) = 1/2 \quad (1)$$

$$\text{et } y''(t) - 2y'(t) - 8y(t) = -1/2 \cos(2t) \quad (2)$$

La sol. part d'une constante c'est une constante

$$y_{p1}(t) = C$$

$$\text{En (2), } c(t) = 0 \sin(2t) - 1/2 \cos(2t)$$

$$a \neq 0 \text{ et } b \neq w^2$$

donc

$$y_{p2}(t) = A \sin(2t) + B \cos(2t)$$

Ainsi, la solut^o particulier est: $y_{p1}(t) + y_{p2}(t) =$

$$Y_p(t) = C + A \sin(2t) + B \cos(2t)$$

On veut trouver les constantes A, B et C

- On derive les deux cotés

$$\frac{dY_p(t)}{dt} = \frac{d}{dt} (C + A \sin(2t) + B \cos(2t)) = 2A \cos(2t) - 2B \sin(2t)$$

- On derive encore une fois:

$$\frac{d^2 Y_p(t)}{dt^2} = \frac{d}{dt} (2A \cos(2t) - 2B \sin(2t)) = -4A \sin(2t) - 4B \cos(2t)$$

On met la solut^o part. à l'eqd.

$$(-4A \sin(2t) - 4B \cos(2t)) - 2(2A \cos(2t) - 2B \sin(2t)) - 8(C + A \sin(2t) + B \cos(2t)) =$$

$$\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos(2t)$$
$$\Leftrightarrow (-12A + 4B) \sin(2t) + (-12B - 4A) \cos(2t) - 8C = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos(2t)$$

aide du W.A : On égale les coef. des 2 cotés

$$\text{coef de 1: } -8C = 1/2$$

$$\text{coef de } \sin(2t): -12A + 4B = 0$$

$$\text{coef de } \cos(2t): -12B - 4A = -1/2$$

On résout un système.

$$\text{Ainsi: } y_p(t) = -1/16 + 1/80 \sin(2t) + 3/80 \cos(2t)$$

$$\begin{cases} -8C = 1/2 \\ -12A + 4B = 0 \\ -12B - 4A = -1/2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} C = -1/16 \\ A = 1/80 \\ B = 3/80 \end{cases}$$

$$\text{Et la solut^o de l'eqd. } C_1 e^{-2t} + (2 e^{4t} + 1/80 \sin(2t) + 3/80 \cos(2t)) - 1/16$$

$$\textcircled{2} \quad A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad A^n = ?$$

• $A^0 = \text{Id}$ par convention

Soit une matrice $B = A - \text{Id} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

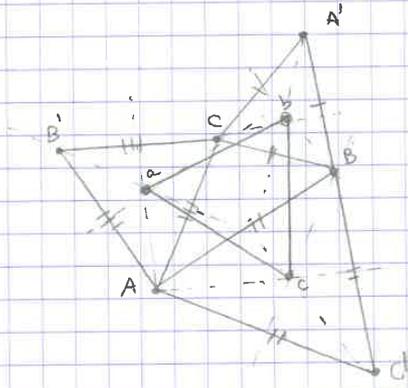
• $A^1 = A$

• $A^2 = (B + \text{Id})^2 = \text{Id}^2 + \underbrace{2B}_{=B} \text{Id} + B^2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} + 2 \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$

• $A^3 = (\text{Id} + B)^3 = \text{Id}^3 + 3B + \underbrace{3B^2}_{=0} + B^3 = \text{Id} + 3B + 3B^2 = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 9 \\ 0 & 1 & 3 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$
 B : matrice nilpotente d'ordre 3

On peut voir que A^n est sur la forme:

$$A^n = \text{Id} + nB + \frac{n(n-1)}{2} B^2 = \begin{pmatrix} 1 & n & \frac{2n + n(n-1)}{2} \\ 0 & 1 & n \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & n & \frac{n(n+3)}{2} \\ 0 & 1 & n \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$



$$\overline{ab} = \overline{bc} = \overline{ac}$$

(DORIANE)

Exercice 1,

$$y''(t) - 2y'(t) - 8y(t) = \sin^2(t)$$

équation homogène

$$R^2 - 2R - 8 = 0$$

$$\Delta = (-2)^2 + 4 \times 8 \times 1 = 4 + 32 = 36 = 6^2$$

solutions réelles

$$\text{Donc } \forall R_1 = \frac{2+6}{2} = 4 \quad R_2 = \frac{2-6}{2} = -2$$

$$\text{donc } y_H = C_1 e^{4t} + C_2 e^{-2t}$$

On passe à la solution particulière : $\sin^2 t$

$$\Rightarrow \sin^2 t = \frac{1}{2} \frac{1 - \cos 2t}{2} = \frac{1}{2} (1 - \cos 2t)$$

$$= \frac{1}{2} (e^0 - \frac{1}{2} e^{2it}) \quad \leftarrow \text{utiliser de cours pour trouver}$$

Donc séparons les solutions

$$\textcircled{1} y'' - 2y' - 8y = \frac{1}{2}$$

$$\text{d'où } y_1 = -1/16$$

$$\textcircled{2} \text{ on cherche maintenant } y'' - 2y' - 8y = -\frac{1}{2} \cos 2t$$

$$\text{d'où } x_p = b e^{2it}$$

$$x_p' = 2ib e^{2it}$$

$$x_p'' = -4b e^{2it}$$

$$= \text{Sol} \left(-\frac{1}{2} e^{2it} \right)$$

$$\Rightarrow \text{dans (E)} \text{ on a } -4b e^{2it} - 4ib e^{2it} - 8b e^{2it} = -\frac{1}{2} e^{2it}$$

$$\Rightarrow (-4b - 4ib - 8b) = -\frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow 8(-4i - 12) = -1/2$$

$$\Rightarrow b = \frac{-1}{-8i - 24} = \frac{+24 - 8i^{\circ}}{24^2 + 8^2} = \frac{24 - 8i^{\circ}}{72 + 8} = \frac{24 - 8i}{80}$$

$$\Rightarrow \frac{3}{10} - \frac{i}{10}$$

$$y_{pp2} = \operatorname{Re} \left(\frac{3 - i}{10} (\cos 2t + i \sin 2t) \right)$$

$$= \frac{3}{10} \cos 2t + \frac{1}{10} \sin 2t$$

$$\text{Donc } y = C_1 e^{4t} + C_2 e^{-2t} - 1/16 + \frac{3}{10} \cos 2t + \frac{1}{10} \sin 2t$$

→ vérifical^o du resultat avec le cours (exercice simulacro)

↳ 20 minutos

Elisabeth

Exercice 3

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

On remarque que c'est une matrice triangulaire supérieure.

① On calcule A^2 et A^3 par étapes une à une quelconque.

$$A^2 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 5 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

↑ vérifié avec la calculatrice après calcul

$$A^3 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 2 & 5 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 9 \\ 0 & 1 & 3 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

↑ idem

$$A^4 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 3 & 9 \\ 0 & 1 & 3 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 14 \\ 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$A^k = \begin{pmatrix} 1 & k & ? \\ 0 & 1 & k \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

φ trouver de récurrence...

Après un bref coup d'œil au TD, je pense avoir fait les valeurs propres

$$P(\lambda) = |A - \lambda I| = \begin{vmatrix} 1-\lambda & 1 & 2 \\ 0 & 1-\lambda & 1 \\ 0 & 0 & 1-\lambda \end{vmatrix}$$

$$= (1-\lambda) \begin{vmatrix} 1-\lambda & 1 \\ 0 & 1-\lambda \end{vmatrix} = (1-\lambda)^3$$

donc +1 valeur propre triple.
on cherche dimension et $n=3 \Rightarrow$ diagonalisable

$$\text{Car } A = PDP^{-1} \Rightarrow A^n = PD^nP^{-1}$$

$$\begin{cases} x + y + 2z = 0 \\ y + z = 0 \\ z = 0 \end{cases} \Rightarrow x = y = z = 0$$

ϕ dimension 3 donc ϕ diagonalisable

exercice n° 1 :-

(ELYES)

①

résoudre

$$y''(t) - 2y'(t) - 8y(t) = \sin^2(t)$$

La solution est la somme de la solution homogène et de la solution particulière.

- on trouve la solution homogène par résoudre

$$y''(t) - 2y'(t) - 8y(t) = 0$$

La solution est de la forme $e^{\lambda t}$

$$(e^{\lambda t})'' - 2(e^{\lambda t})' - 8e^{\lambda t} = 0$$

$$(e^{\lambda t})' = \lambda e^{\lambda t}$$

$$(e^{\lambda t})' = \lambda e^{\lambda t}$$

$$\lambda^2 e^{\lambda t} - 2\lambda e^{\lambda t} - 8e^{\lambda t} = 0$$

on factor :-

$$e^{\lambda t} (\lambda^2 - 2\lambda - 8) = 0$$

donc

$$\lambda^2 - 2\lambda - 8 = 0$$

$$\Rightarrow (\lambda - 4)(\lambda + 2) = 0$$

$$\text{donc } \lambda = 4 \quad \text{ou} \quad \lambda = -2$$

donc on deux solution $y_1(t) = C_1 e^{4t}$

$$y_2(t) = C_2 e^{-2t}$$

ou C_1 et C_2 sont des constantes

$$\text{donc } y(t) = y_1(t) + y_2(t) = \frac{c_1}{e^{4t}} + c_2 e^{4t}$$

(2)

* on cherche la solution particulier:-

$$y''(t) - 2y'(t) - 8y(t) = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos(2t)$$

La solution particulier solution est la somme des solutions particulier pour:-

$$y''(t) - 2y'(t) - 8y(t) = \frac{1}{2} \quad \text{et}$$

$$y''(t) - 2y'(t) - 8y(t) = -\frac{1}{2} \cos(2t)$$

La solution particulier pour:-

$$y''(t) - 2y'(t) - 8y(t) = \frac{1}{2} \quad \text{est de la forme}$$

$$y_p(t) = a_1$$

La solution particulier pour

$$y''(t) - 2y'(t) - 8y(t) = -\frac{1}{2} \cos(2t)$$

$$y_p(t) = a_2 \cos(2t) + a_3 \sin(2t)$$

donc

$$y_p(t) = a_1 + a_2 \cos(2t) + a_3 \sin(2t)$$

on cherche la valeur des constantes

$$y_p(t) = -2a_2 \sin(2t) + 2a_3 \cos(2t)$$

$$y_p''(t) = -4a_2 \cos(2t) - 4a_3 \sin(2t)$$

$$y' = (-4a_2 \cos(2t) - 4a_3 \sin(2t)) - 2(-2a_2 \sin(2t) + 2a_3 \cos(2t))$$

$$-8(a_1 + a_2 \cos(2t) + a_3 \sin(2t)) = -\frac{1}{2} \cos(2t) + \frac{1}{2}$$

$$-8a_1 + (-12a_2 - 4a_3) \cos(2t) + (4a_2 - 12a_3) \sin(2t) =$$

$$\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos(2t)$$

$$-8a_1 = \frac{1}{2}$$

$$a_1 = -\frac{1}{16}$$

$$-12a_2 - 4a_3 = -\frac{1}{2}$$

$$4a_2 - 12a_3 = 0$$

par résoudre les systèmes

$$a_1 = -\frac{1}{16}$$

$$a_2 = \frac{3}{80}$$

$$a_3 = \frac{1}{80}$$

donc

$$y_p(t) = -\frac{1}{16} + \frac{3}{80} \cos(2t) + \frac{1}{80} \sin(2t)$$

La solution général de la solution ..

$$y(t) = y_h(t) + y_p(t) = \frac{3}{80} \cos(2t) + \frac{1}{80} \sin(2t)$$

$$+ \frac{c_1}{e^{2t}} + c_2 e^{4t} + \frac{1}{16}$$

exercice n°3

(4)

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

d'abord on échelonne la matrice

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \rightsquigarrow \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\rightsquigarrow \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \rightsquigarrow \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

donc on trouve la matrice diagonale et on met la puissance sur la matrice diagonale

donc on obtient

$$A^n = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1^n & 0 \\ 0 & 0 & 1^n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

\neq

Ex. 1:

(FANNY)

①

$$y''(t) - 2y'(t) - 8y(t) = \sin^2(t)$$
$$= \frac{1}{2} - \frac{\cos 2t}{2}$$

Homogène

$$4 + 4 \times 8 = 36$$

$$\Delta > 0$$

$$r_1 = \frac{2-6}{2} = -2 \quad r_2 = 4$$

$$* y_h = C_1 e^{-2t} + C_2 e^{4t}$$

$$y_p(t) = A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t)$$

$$y(t) = C_1 e^{-2t} + C_2 e^{4t} + A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t)$$

$$y'(t) = -2C_1 e^{-2t} + 4C_2 e^{4t} + \omega A \cos(\omega t) - \omega B \sin(\omega t)$$

$$y''(t) = 4C_1 e^{-2t} + 16C_2 e^{4t} - \omega^2 A \sin(\omega t) - \omega^2 B \cos(\omega t)$$

$$y''(t) - 2y'(t) - 8y(t) = \frac{1}{2} - \frac{\cos 2t}{2}$$

$$\underbrace{+4 + 4 - 8}_{=0} C_1 e^{-2t} + \underbrace{+16 - 8 - 8}_{=0} C_2 e^{4t} = \frac{1}{2} - \frac{\cos 2t}{2}$$

$$(-A\omega^2 + 2B\omega - 8A) \sin(\omega t) + (-B\omega^2 - 2A\omega - 8B) \cos(\omega t)$$

$$(-2A\omega^2 + 4B\omega - 16A) \sin(\omega t) = \frac{1}{2}$$

$$(2B\omega^2 + 4A\omega + 16B) \cos(\omega t) = -\frac{1}{2} \cos 2t$$

$$\begin{cases} (-2A\omega^2 + 4B\omega - 16A) \sin(\omega t) = 1 & \text{Sine} \\ (2B\omega^2 + 4A\omega + 16B) \cos(\omega t) = \cos 2t \end{cases}$$

$$\begin{cases} 16B^2 - 4 \times 2A \times 16A = 16B^2 - 128A^2 \neq 0 \\ 16A^2 - 4 \times 2B \times 16B = 16A^2 - 128B^2 \neq 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 16B^2 - 128A^2 \neq 0 \\ 16A^2 - 128B^2 \neq 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sin(\omega t) \neq 0 \\ \cos(\omega t) \neq 0 \end{cases} \Rightarrow \omega \neq 0.$$

Hyp: $\omega = 2$?

$$(8B + 8A + 16B) = \cos 1$$

$$24B + 8A = 1$$

$$3B + A = \frac{1}{8}$$

$$A = \frac{1}{8} - 3B$$

$$(-8A + 8B - 16A) \sin(2t) = 1$$

$$(-24A + 8B) \sin(2t) = 1$$

$$(-3A + B) \sin(2t) = \frac{1}{8}$$

$$\left(-\frac{3}{8} + 9B + B\right) \sin(2t) = \frac{1}{8}$$

$$\left(10B - \frac{3}{8}\right) \sin(2t) = \frac{1}{8}$$

$$A^2 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 5 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \rightarrow 2+3$$

$$A^3 = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 9 \\ 0 & 1 & 3 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \rightarrow 2+3+4$$

$$A^4 = \begin{bmatrix} 1 & 4 & 14 \\ 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \rightarrow 2+3+4+5$$

On en déduit $A^n = \begin{bmatrix} 1 & n \left(\sum_{k=0}^{n-1} k \right) & -1 \\ 0 & 1 & n \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$.

Réurrence:

In: $n=0$.

$A^0 = Id$

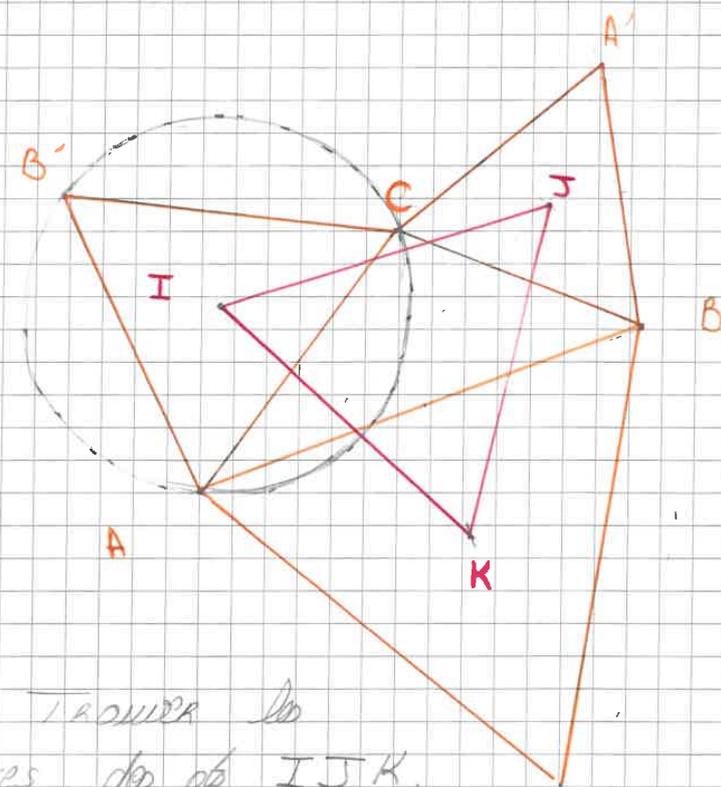
$$A \begin{bmatrix} 1 & n \left(\sum_{k=0}^{n-1} k \right) & -1 \\ 0 & 1 & n \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = I_3$$

H: $A^{n+1} = \begin{bmatrix} 1 & n \left(\sum_{k=0}^{n-1} k \right) & -1 \\ 0 & 1 & n \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

$$A^{n+1} = \begin{bmatrix} 1 & n+1 & 2+n + \sum_{k=0}^{n-1} k & -1 \\ 0 & 1 & n+1 & \\ 0 & 0 & 1 & \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & n+1 & \sum_{k=0}^{n+1} k & \\ 0 & 1 & n+1 & \\ 0 & 0 & 1 & \end{bmatrix}$$

3.5



1. Trouver les affixes des pts IJK.
2. Mg des coté de \widehat{m} long C' ou angle $\frac{\pi}{3}$

(GASPARD)

12/14/21

Exercice 1:

On résout l'équation différentielle ci-dessous y suivante :

$$(1) \quad y''(t) - 2y'(t) - 8y(t) = \sin^2(t)$$

on cherche d'abord l'équation homogène en résolvant l'équation caractéristique

$$r^2 - 2r - 8 = 0$$

$$\Delta = 4 + 4 \times 1 \times 8 = 36$$

donc il y a 2 racines à cette équation :

$$r_1 = \frac{-2 + 6}{2} = 2$$

$$r_2 = \frac{-2 - 6}{2} = -4$$

de plus $\Delta > 0$ donc la solution homogène y_h est de la forme

$$c_1 e^{r_1 t} + c_2 e^{r_2 t}$$

$y_1 \qquad y_2$

on cherche la solution particulière de (1) :

$$y''(t) - 2y'(t) - 8y(t) = \sin^2 t$$

méthode de la variation des constantes :

on cherche $y(t) = c_1(t) y_1(t) + c_2(t) y_2(t)$ solution particulière de (1)

$$\begin{aligned} y &= c_1 y_1 + c_2 y_2 = c_1 e^{r_1 t} + c_2 e^{r_2 t} \\ y' &= c_1' e^{r_1 t} + c_1 r_1 e^{r_1 t} + c_2' e^{r_2 t} + c_2 r_2 e^{r_2 t} \\ y'' &= c_1'' e^{r_1 t} + c_1 r_1' e^{r_1 t} + c_1 r_1^2 e^{r_1 t} + c_2'' e^{r_2 t} + c_2 r_2' e^{r_2 t} + c_2 r_2^2 e^{r_2 t} \end{aligned}$$

on impose la condition $C_1 e^{r_1 t} + C_2 e^{r_2 t} = 0$, on trouve
 le système :

$$\begin{cases} C_1 e^{r_1 t} + C_2 e^{r_2 t} = 0 \\ -C_1 r_1 e^{r_1 t} + C_2 r_2 e^{r_2 t} = \frac{\sin^2(\alpha)}{w(t)} \end{cases}$$

on trouve : $w(t) = \begin{vmatrix} e^{r_1 t} & e^{r_2 t} \\ -r_1 e^{r_1 t} & r_2 e^{r_2 t} \end{vmatrix}$

et $C_1 = \frac{\begin{vmatrix} 0 & e^{r_2 t} \\ \sin^2 t & r_2 e^{r_2 t} \end{vmatrix}}{w(t)}$ $C_2 = \frac{\begin{vmatrix} e^{r_1 t} & 0 \\ -r_1 e^{r_1 t} & \sin^2 t \end{vmatrix}}{w(t)}$

$$\frac{e^{4t}}{e^{-2t}}$$

$$= \frac{-e^{4t} \sin^2 t}{w(t)} = \frac{e^{4t} \sin^2 t}{w(t)}$$

$$\frac{e^{2t}}{e^t} = e^t$$

$$= \frac{-e^{-4t} \sin^2 t}{e^{2t} - 4e^{-4t} - 2e^{2t} - 4e^{-4t}} = \frac{e^{2t} \sin^2 t}{-6e^{-2t}}$$

$$\sin^2 t = 1 - \cos^2 t$$

$$= \frac{-e^{-4t} \sin^2 t}{-4e^{-2t} - 2e^{2t}} = \frac{1}{8} e^{4t} \sin^2 t$$

$$\cos(2t) = \cos^2 t - \sin^2 t$$

$$\cos^2 t = \cos(2t) + \sin^2 t$$

$$\therefore \cos(2t) = 2\cos^2 t - 1 \Rightarrow \frac{1}{8} \times e^{4t} \sin^2 t$$

$$\cos^2 t = \frac{1}{2} (\cos(2t) + 1)$$

$$\sin^2 t = 1 - \frac{1}{2} (\cos(2t) + 1) \text{ en intégrant } C_1 :$$

$$\frac{1 - \cos(2t)}{2}$$

$$= \frac{1}{8} \int e^{4t} \sin^2 t dt = \frac{1}{8} \int e^{4t} \times \frac{1 - \cos(2t)}{2} dt$$

$$\sin^2 t = \frac{1 - \cos(2t)}{2}$$

$$= \frac{1}{40} e^{4t} (2 \sin(2t) + 4 \cos(2t) - 5)$$

$$= \frac{1}{40} e^{4t} (2 \sin(2t) + 4 \cos(2t) - 5) = \frac{1}{40} e^{4t} (4 \cos(2t) - 8 \sin(2t))$$

$$= \frac{1}{40} e^{4t} (8 \sin(2t) + 16 \cos(2t) - 20 + 4 \cos(2t) - 8)$$

$$= \frac{1}{2} \cos(2t) e^{4t} + \frac{1}{2} e^{4t} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos(2t) \right) e^{4t} \left(\frac{1 - \cos(1^2)}{2} \right)$$

$$C_2 = \frac{1}{6} \left(-\frac{1}{10} \cos(2t) e^{4t} - \frac{1}{20} e^{4t} \sin(2t) + \frac{1}{8} e^{4t} \right)$$

$$= \frac{1}{6} e^{4t} \left(\frac{1}{8} - \frac{1}{10} \cos(2t) - \frac{1}{20} \sin(2t) \right)$$

$$C_2 = \frac{1}{6} \times \left(\frac{1}{8} (\cos(2t) - \sin(2t) - 2) e^{-2t} \right)$$

$$\text{donc } y_p = \frac{1}{48} e^{-2t} \left(\cos(2t) - \sin(2t) - 2 \right) e^{2t} - \frac{e^{4t}}{6} \left(\frac{1}{8} - \frac{1}{10} \cos(2t) - \frac{1}{20} \sin(2t) \right)$$

$$y_p = \frac{1}{48} (\cos(2t) - \sin(2t) - 2) - \frac{1}{6} \left(\frac{1}{8} - \frac{1}{10} \cos(2t) - \frac{1}{20} \sin(2t) \right)$$

$$\text{donc } y(t) = y_p + y_H$$

$$y(t) = C_1 e^{2t} + C_2 e^{-4t} + \frac{1}{48} (\cos(2t) - \sin(2t) - 2) - \frac{1}{6} \left(\frac{1}{8} - \frac{1}{10} \cos(2t) - \frac{1}{20} \sin(2t) \right)$$

Ex 3. Puissance d'une matrice

$$\begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 2 \rightarrow 5 & 9 & 14 & 20 & 27 \end{matrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}^n$$

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$(n-1)!$

$$M^2 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 5 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$M^3 = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 9 \\ 0 & 1 & 3 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$M^n = \begin{pmatrix} 1 & n & ? \\ 0 & 1 & n \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$n! \binom{n}{k} = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} k! \binom{n-k}{0} = \begin{pmatrix} 1 & n & n! \\ 0 & 1 & n \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$5 \cdot 20$$

$$M - I = A \Rightarrow A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$A^2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad A^3 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$M^n = (A+I)^n$$

$$(A+I)^n = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} A^k I^{n-k}$$

$$A^n = (A+E)^n = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} A^k \Gamma A^k$$

$$A^n = \Gamma \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} A^k$$

$$\frac{n!}{0!(n-0)!}$$

$$A^n = \Gamma \left(\binom{n}{0} A^0 + \binom{n}{1} A + \binom{n}{2} A^2 \right)$$

$$\frac{n!}{2!(n-2)!}$$

$$A^n = \Gamma \left(\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & n & 2n \\ 0 & 0 & n \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 0 & \frac{1}{2}n(n-1)n \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \right)$$

$$\frac{1}{2} n(n-1)n$$

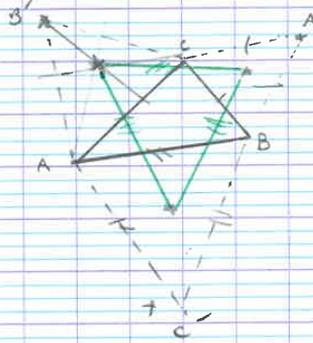
$$A^n = \Gamma \begin{pmatrix} 1 & n & \frac{1}{2}n(n-1)n + 2n \\ 0 & 1 & n \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$A^m = \begin{pmatrix} 1 & m & \frac{1}{2}m(m-1)m + 2m \\ 0 & 1 & m \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\text{si } m=2 \Rightarrow A^2 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 5 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \text{ OK } \checkmark$$

$$m=3 \Rightarrow A^3 = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 9 \\ 0 & 1 & 3 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \text{ OK } \checkmark$$

Ex 2:



A, B, C affines a, b, c dans \mathbb{C} .

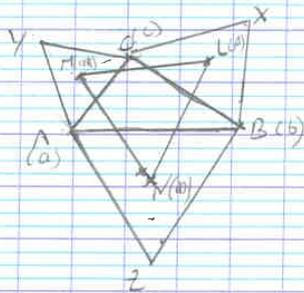
on sait que le centre de gravité des 3 triangles équilatéraux formés sur les côtés est un triangle équilatéral.

$$\text{on sait que } a \text{ et } c \Rightarrow (AC) = \sqrt{(a-c)^2 + (a'+c')^2}$$

Exercice 4:

Théorème de Napoléon:

Si on construit 3 triangles équilatéraux en partant des côtés d'un 1^{er} triangle quelconque, les centres de ces 3 triangles équilatéraux forment eux-mêmes un triangle équilatéral.



A l'image de B par rotation de centre N d'angle $\frac{2\pi}{3}$

$$\hookrightarrow (a-m) = e^{i\frac{2\pi}{3}} (b-n)$$

De la même façon: $(l-l) = j(c-l)$ et $(c-m) = j(a-m)$

$$\hookrightarrow \text{Donc on a } (1-j)m = a - jb; (1-j)l = b - jc; (1-j)m = c - ja$$

$$\begin{aligned} \frac{1+j}{2} \hookrightarrow (1-j)(m-m) &= (-1-j)a + jb + c \\ &= j^2 a + j^4 b + j^3 c \\ &= -j^2(-a + (1-j)b - jc) \\ &= -j^2[(b-jc) - (a+jb)] \end{aligned}$$

$$(1-j)(m-m) = -j^2(1+j)(l-m)$$

$$(m-m) = -j^2(l-m)$$

$$(m-m) = e^{i\frac{2\pi}{3}}(l-m)$$

\hookrightarrow Le point M est l'image de L par une rotation de $\frac{2\pi}{3}$ autour de N

\hookrightarrow Donc on en déduit que MN est un triangle équilatéral direct.

2^{ème} pas de par Ex 1:

$$\sin^2 t = \frac{1}{2} - \frac{\cos(2t)}{2}$$

on résout l'équation diff:

$$y''(t) - 2y'(t) - 2y(t) = \frac{1}{2} - \frac{\sin(2t)}{2}$$

on pose C_1 et C_2 constants en \mathbb{R} :

$$\begin{cases} y_1''(t) - 2y_1'(t) - 2y_1(t) = \frac{1}{2} & (1) \\ y_2''(t) - 2y_2'(t) - 2y_2(t) = \frac{\sin(2t)}{2} & (2) \end{cases}$$

les sol^s homogènes ne changent pas $y_H = C_1 e^{2t} + C_2 e^{-4t}$
les sol^s particuliers changent.

$$(1) \quad y''(t) - 2y'(t) - 2y(t) = e^{0t} \times \frac{1}{2}$$

sol. particuliers de la forme: $e^{at} (P(t)) = Q(t)$ avec $\deg(Q) = 0$

$$\begin{aligned} y &= a \\ y' &= 0 \\ y'' &= 0 \end{aligned}$$

$$\hookrightarrow \text{dans (1)}: -6a = 1/2 \Rightarrow a = -1/12$$

cos et sin(2t)

e^{2t}
 e^{-4t}

$$\text{donc } y_1 = -1/12$$

$$\text{et } y_2 = C_1 e^{2t} + C_2 e^{-4t} - 1/12$$

$$(2) \quad y_2''(t) - 2y_2'(t) - 2y_2(t) = \frac{\sin(2t)}{2} = \frac{1}{2} \sin(2t) e^{0t}$$

les sol^s particuliers de la forme $e^{at} (A \cos(2t) + B \sin(2t)) e^{0t}$

Donc on trouve les 2 et on obtient

$$y(t) = (C_1 e^{2t} + C_2 e^{-4t}) (-16 + \dots)$$

Exercice entretien personnel.

(HUGO)

*1. Résoudre $y''(t) - 2y'(t) - 8y(t) = \sin^2(t)$.

(H) = $y''(t) - 2y'(t) - 8y(t) = 0$.

↳ Deux solutions de H = $y_1 = e^{-2x}$ et $y_2 = e^{4x}$

$$\Delta = 4 + 4 \times 8 \times 1 = 36$$

$$r_1 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a} = \frac{2 - 6}{2} = -2$$

$$r_2 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a} = \frac{2 + 6}{2} = 4$$

Donc $y = C_1 e^{-2x} + C_2 e^{4x}$ solution de (H) $\forall (C_1, C_2) \in \mathbb{K}^2$.

Solution particulière : $\sin^2(t) = \frac{1 - \cos 2t}{2} = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos 2t$

Donc $y_{pa} = A \cos 2t + B \sin 2t$
 $y'_{pa} = -2A \sin 2t + 2B \cos 2t$
 $y''_{pa} = -4A \cos 2t - 4B \sin 2t$.

Donc $-\frac{1}{2} \cos 2t = y'' - 2y' - 8y$
 $-\frac{1}{2} \cos 2t = -4A \cos 2t - 4B \sin 2t + 2A \sin 2t - 4B \cos 2t - 8A \cos 2t - 8B \sin 2t$

$-\frac{1}{2} \cos 2t = \cos 2t (-4A - 4B - 8A) + \sin 2t (-4B + 2A - 8A)$
 $= \cos 2t (-12A - 4B) + \sin 2t (-12B - 6A)$

$\begin{cases} -12A - 4B = -\frac{1}{2} \\ -6A - 12B = 0 \end{cases}$ $A = \frac{\begin{vmatrix} -1/2 & -4 \\ 0 & -3 \end{vmatrix}}{32} = \frac{3}{64}$ et $w(x) = 32$.

$B = \frac{\begin{vmatrix} -12 & -1/2 \\ -12 & 0 \end{vmatrix}}{32} = -\frac{1}{64}$

$y(t) = \frac{3}{64} \cos 2t - \frac{1}{64} \sin 2t + C_1 e^{-2x} + C_2 e^{4x}$

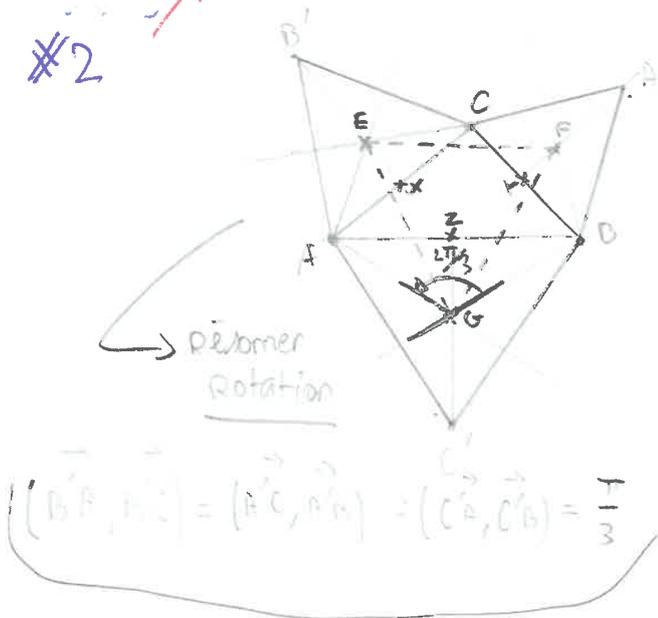
$$f_1(z) = -\frac{1}{16}$$

$$y'' - 2y' - 3y = \frac{1}{2}$$

$$g(t) = c_1 e^{-2t} + c_2 e^{3t} - \frac{1}{16}$$

Aide : cours de maths Equo diff CPI 2 . Temps \geq 20 min.

#2 \rightarrow Théorème de Napoléon. (CB Terminal)



$$\begin{aligned} AB' &= B'C = AC \\ CA' &= A'B = BC \\ AB &= BC' = C'A \\ xE &= \frac{2}{3} xB' \\ Ax &= xC = \frac{1}{3} AC \\ yF &= \frac{1}{3} yF' \\ Cy &= yB = \frac{1}{2} CB \\ zG &= \frac{1}{3} zC' \\ Az &= zB = \frac{1}{2} AC \end{aligned}$$

$$\left(\vec{B'B}, \vec{A'C} \right) = \left(\vec{A'C}, \vec{A'B} \right) = \left(\vec{C'A}, \vec{C'B} \right) = \frac{\pi}{3}$$

\Rightarrow Plan complexe

$$\text{avec } j = e^{i\frac{2\pi}{3}}$$

$\leftarrow A, B, C, E, F, G$ ont une même puissance q, b, c, f, g .

\Rightarrow Rotation ρ centre O et d'angle $\alpha =$

$$\rho(z') = \text{Rot}(O, \alpha)(z) \Leftrightarrow (z' - z_0) = e^{i\alpha} (z - z_0)$$

On remarque A image B par rapport au centre G avec $\alpha = \frac{2\pi}{3}$

$$\Rightarrow (a - g) = j(b - g)$$

De même avec B image de C par rapport à F et C image de A par rapport à E

$$\begin{aligned} \Rightarrow (b - f) &= j(c - f) \\ (c - e) &= j(a - e) \end{aligned}$$

$$\text{d'où } (1-j)g = a - jb$$

$$(1-j)f = b - jc$$

$$(1-j)e = c - ja$$

$$\Rightarrow 1+j+j^2=0 \quad (\text{relations td en 2^{ème} Année})$$

$$1 + e^{i\frac{2\pi}{3}} + e^{i\frac{4\pi}{3}} = 1 + \left(\cos\left(\frac{2\pi}{3}\right) + i\sin\left(\frac{2\pi}{3}\right)\right) + \left(\cos\left(\frac{4\pi}{3}\right) + i\sin\left(\frac{4\pi}{3}\right)\right)$$

$$= 1 - 2\cos\frac{\pi}{3} = 0$$

$$\text{d'où } (1-j)e - (1-j)g = c - ja - a + jb$$

$$(1-j)(e-g) = (1-j)a + jb + c \quad \# 1+j+j^2=0$$

$$= j^2a + j \times j^3b + j^3c \quad \left| \begin{array}{l} j^2 = -1-j \\ 1+j = -j^2 \end{array} \right.$$

$$= -j^2(-a - j^2b - jc)$$

$$= -j^2[-a + (1+j)b - jc]$$

$$= -j^2[-a + b + jb - jc]$$

$$= -j^2[-a + (b-jc) + jb] = -j^2[(b-jc) - (a-jb)]$$

$$= -j^2[(1-j)b - (1-j)a] = -j^2(1-j)(b-a)$$

$$\text{d'où } (1-j)(e-g) = -j^2(1-j)(b-a)$$

$$(e-g) = -j^2(b-a) = e^{i\frac{\pi}{3}}(b-a)$$

$\Rightarrow e$ est l'image de b par rotation du centre g de $\alpha = \frac{\pi}{3}$.

d'où $(\vec{GE}, \vec{GF}) = \frac{\pi}{3} \Rightarrow$ triangle équilatéral avec e et f .

aides: cours terminal spé maths complexe - of Napoleon théorème.
internet = théorème napoléon.

Cours Cpi 1 maths = rotation 1^{er} semestre complexe

↘ 1h15 min.

#3 Calcul puissance n-ième matrice

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad A^2 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 5 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$A^3 = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 9 \\ 0 & 1 & 3 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$A^n = \begin{pmatrix} 1 & n & \frac{n(n+1)}{2} \\ 0 & 1 & n \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Hypothèse: $A^n = \begin{pmatrix} 1 & n & \frac{n(n+1)}{2} \\ 0 & 1 & n \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

⇒ Démon: $A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ où $A = I + B$ avec $B = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$

et $B^2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ et $B^3 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$.

D'où $A^2 = (I+B)^2 = I^2 + B^2 + 2B = I + B^2 + 2B = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 5 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

$A^3 = (I+B)^3 = I^3 + 3B + 3B^2 + B^3 = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 9 \\ 0 & 1 & 3 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$
cf coef Pascal

D'où $A^n = (I+B)^n = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} I^{n-k} B^k$ or ici $n=3$ car

$$B^3 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

D'où $A^n = I + nB + \frac{n(n-1)}{2} B^2 = \begin{pmatrix} 1 & n & 2n + \frac{n(n-1)}{2} \\ 0 & 1 & n \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & n & \frac{n(n+3)}{2} \\ 0 & 1 & n \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

$$2n + \frac{n(n-1)}{2} = \frac{4n + n^2 - n}{2} = \frac{n^2 + 3n}{2} = \frac{n(n+3)}{2}$$

Aide = TD Algèbre linéaire 2nd Année temps ≈ 10 min.

Annexes du chapitre 5

5.1 Journal de suivi du PER

Séance #4 (24 mai 2018, 14h - Durée : 1h)

Présentation par les responsables coordinateurs du site propose aux EI1

- discussion entre les étudiants sur l'ordre des paragraphes, les limites des modèles,...
- Nécessité de tout lier,
-

Séance #3 (17 mai 2018, 9h - Durée : 2h)

I. Présentation des travaux

1. Contraintes sur la taille de l'échantillon pour tests)
 - À partir d'une loi normale, la taille de l'échantillon ne doit pas dépasser une certaine taille sous peine de coût inutile
 - Table d'estimation de la taille de l'échantillon à tester, grande population
2. Tests de Normalité
 - 4 tests pour s'assurer que l'échantillon suit une loi normale.
 - Tests appliqués avec minitab sur des données trouvées sur internet
 - Questions :
 - o pourquoi y en a 4 ? Différences ?
 - Réponse des étudiants : Dépend des valeurs, notamment extrêmes
 - o Avez-vous appliqué les 4 tests aux mêmes données ?
3. Comparaison aux méthodes de référence
 - test F de variances. Non trouvée sur le logiciel
 - Test t (ou z...) apparié (loi de student)
 - Comparaison 2 à 2
 - Si population non normale : transformer les données obtenues ou refaire les prélèvements (selon le coût du produit/principe actif testé)
4. Comparaison d'un échantillon à un étalon
 - hors-sujet
5. Étude inter labos (comparaison de laboratoires)
 - Protocole iso 5725
 - Tests Cochran et Grubbs pour éliminer les labos dont les valeurs sont aberrantes
 - Question : tests de fiabilité ou de précision (fidélité) ?
 - Réponse : tests sur la moyenne (anova) pour la fiabilité ET sur la variance. L'idée est de voir si les résultats du labo sont proches de la valeur moyenne
 - Intéressant de voir deux orientations possibles
6. Dérives dans le temps : comment les détecter et les gérer ?
 - Introduction du concept : ok
 - Il faut faire le lien avec le reste
 - Hétéroscedasticité proportionnelle ou aléatoire ?
 - Problème : faire le lien avec la pharma et la question génératrice

- Lien entre mesure et temps
- Problème posé : en cas de dérive, les tests habituels ne fonctionnent pas
- Comment détecter ces dérives concrètement ? Introduire un facteur temporel si possible

7. Données aberrantes

II. Bilan

- Pas assez de liens entre les groupes
- Manque l'exposé d'un plan global au départ de la séance pour que l'on suive bien les idées et les objectifs
- 2 étudiants ont été perdus dans leurs recherches
- Manque l'idée de la transformation des données si nécessaire (souvent ?)
- Choisir des données communes pour des exemples communs

Séance #2 (23/04/2018)

Objectif rappelé au début de la séance :

- présentations des recherches de chaque groupe
- Discussions sur les choix et les limites
- Catégorisation des recherches et recoupements entre groupes
- Quels travaux sur quelles données et avec quels méthodes et logiciel ?
- Ne pas perdre de vue la question initiale

L'ordre est donné et les questions sont posées par RG. Je sers parfois à recadrer sur les maths et la modélisation. Les étudiants sont assis, nous au fond et un étudiant fait défiler les travaux sur vidéoprojecteur pendant que les personnes concernées prennent la parole.

1. Méthodes de référence et étalon
 - quelles sont les hypothèses ?
 - Échantillons homogènes ou non appariés,... à expliciter ?
 - Les tests à mettre en place en fonction des tailles d'échantillons ? Exemples ?
 - Il y a des dépendances entre les sous-questions et les sous-groupes.
2. Contraintes de tailles sur l'échantillon
 - Très bien. Il faudra structurer selon 2 cas (j'ai le choix et existe-t-il une méthode ? Et je n'ai pas le choix)
 - Déborde un peu sur le reste (dérive, fiabilité)
 - Avez-vous étudié toutes les distributions statistiques ? (Normale, Poisson, etc.)
3. Preuves de normalité
 - Étape suivante : comment vérifier la normalité d'un échantillon ?
 - Existe-t-il des tests applicables lorsque la condition de normalité n'est pas remplie ou bien peut-on modifier les données pour tendre vers la normalité ?
4. Dérive dans le temps

Problèmes :

- peu d'informations
- les industriels ne s'en servent pas ou peu

Questions :

- Cette dérive est-elle proportionnelle ou aléatoire ? revenir aux bases du cours
- Penser à une variation de la loi en fonction du temps
- Risque de retomber sur des choses proches des autres
- Mise en évidence d'une dérive de la mesure. Cas classique : évolution de la variance

5. Validation de la mesure

- norme ISO 5725

6. Valeurs aberrantes

Bon travail. Voir si nécessaire d'approfondir

Fin de la séance :

- le 7ème binôme s'occupera de coordination des sujets, de la recherche et des notations pour le travail global et la présentation finale.
- objectif annoncé : travailler sur chaque sujet en concertation avec les autres groupes en gardant à l'esprit :
 - qu'il faut intégrer des mathématiques (pas seulement de la recherche documentaire)
 - qu'il faut modéliser en utilisant des outils dont il faut comprendre le fonctionnement (quels test, quelles lois ?) et savoir utiliser des calculs et des interprétations de ces calculs
 - nous contacter en cas de besoin

Séance #1 du 12/04/2018 (16h30, salle 226)

- les étudiants se sont réunis le vendredi 06/04 craignant de ne pas pouvoir respecter les attentes de la responsable des projets. Nous nous sommes rencontrés le jour même et avons levé ces craintes en demandant d'adapter le calendrier au format du PER.
- Ils nous présentent les résultats de leur mise en commun. Un des 2 responsables va au tableau, l'autre prend des notes sur le document projeté en-haut duquel est rappelée la question génératrice.
- Le débat s'ouvre. Ils ont repéré 3 types ou thèmes de sous-problèmes : concrets, technique et normes. Les questions et doutes qui reviennent le plus souvent sont le manque de concret par rapport à la production finale attendue.
- Les sous-questions se répartissent en sous-groupes comme suit :
 - *Quelles contraintes sur l'échantillon ?*
 - taille (Mathilde et Amandine)
 - normalité (Yilin et Min)
 - prise en compte d'une dérive des mesures dans le temps et traitement mathématique (Marie et Ruofan)

- *Comment s'assurer de la fiabilité quotidienne de la méthode de mesure et de calcul ?*
 - implication labo extérieur (conditions différentes) (Erwan et Aurèle)
 - intervention interne : étalon ou méthode de référence (Jiawen et Benjamin)
- *Comment détecter et gérer des données aberrantes ? (Florine et Laetitia)*
- *Normes et Techniques : questions à définir.* (Maxime et Nicolas)
 - Rem : pas de techniques particulières
- l'utilisation d'un logiciel pour la gestion et la génération éventuelle de données est suggérée : MiniTab (salle 218 ou version gratuite 30 jours)
- objectifs fixés pour la prochaine fois :
 - fouiller les questions en binômes
 - prévoir des éléments de réponses en gardant en tête qu'il s'agira d'études statistiques (calculs et modélisation) et non pas d'un exposé simple des réponses.
- durée de la séance #1 : 1h30

Séance #0 du 29/03/2018 (15h30, salle 226)

À dire aux étudiants :

- prochaine séance le 12/04 à 17h ou le 9/04 à 11h ?
- chaque étudiant doit tenir un journal (seul d'abord puis par binôme) : il y aura des questions posées sur le déroulement de la recherche et une grille de suivi à remplir entre chaque séance (+ questionnaire à la fin)
- Calendrier :
 - **29/03/2018**, Séance #0, 1h30 : présentation de(s) question(s) génératrice(s).
 - **12/04/2018**, Séance #1, 1h30 : exposé des résultats de recherche, choix des sous questions. Attributions par groupe (pour tous, pour chacun).
 - **23/04/2018**, Séance #2, 2h : suivi global et individuel.
 - semaine du 14/05 : suivi par binôme (avec possibilité de suivi global le 17/05)
 - **24/05/2018**, Séance #4, 2h : bilan final et préparation de la présentation
 - **31/05/2018**, Séance #5 : exposés, remise des travaux
- objectifs pour la prochaine fois : fouiller la question dans toute les directions, prévoir des sous-questions à proposer lors de la prochaine séance.
- durée de la séance #0 : 1h

Réunion avec Romuald le 29/03/2018 (11h30, Bureau)

Question génératrice

“Dans l'industrie pharmaceutique, comment s'assurer que le produit (médicament) respecte le dosage inscrit sur l'emballage ?”

Sous-questions/notions soulevées a priori ?

- valeurs limites
- tests
- échantillonnage
- simulation
- prises de données réelles
- erreurs et incertitudes

Organisation générale :

- prévoir la partie **modélisation** : quel logiciel ? Quelles attentes ?
- **surtout ne pas fermer les (sous-)questions**, même si on peut imaginer que les étudiants vont être poussés vers des choses qu'ils connaissent. L'idée est que des sous-groupes émergent.
- Si des **sous-groupes** travaillent sur les **mêmes sous-questions**, il faudra **comparer** leur travail
- Romuald me **fournit le cours** correspondant
- présentation de la **grille de suivi** (pour chaque séance ou chaque semaine ?)



Suivi du projet "Chimie & Mathématiques"

Afin de suivre les étapes de votre travail sur le projet, merci de remplir ce document pour chaque séance.

Ce questionnaire n'a pas pour but de connaître la quantité de travail que vous fournissez ou non, mais bien de faire une description la plus honnête possible de votre démarche et organisation mathématique avant et pendant les séances.

Soyez aussi précis et concis que possible.

Pour la première séance, vous y répondrez individuellement. Pour la suite, vous pouvez y répondre par groupe.

***Obligatoire**

Date (JJ/MM/AA) et Numéro de séance (#) *

Votre réponse

Nom(s), Prénom(s) *

Votre réponse

Quels étaient les objectifs initiaux de cette séance ?

Votre réponse

Quels contenus mathématiques avez-vous mis en oeuvre avant et pendant cette séance ? Détaillez si possible l'utilisation.

Votre réponse

Décrivez les modalités de travail que vous avez mises en place (individuel, groupe, ressources, durée, ...)

Votre réponse

Quels sont vos objectifs pour la prochaine séance ?

Votre réponse

Remarques ou commentaires (questions, difficultés, ...)

Votre réponse

ENVOYER

Page 1 sur 1

N'envoyez jamais de mots de passe via Google Forms.

Ce contenu n'est ni rédigé, ni cautionné par Google. [Signaler un cas d'utilisation abusive](#) - [Conditions d'utilisation](#)

Google Forms



5.3 Premiers axes d'étude choisis par les étudiants dans le PER

Dans l'industrie pharmaceutique, comment s'assurer que le produit (un médicament) respecte le dosage inscrit sur l'emballage ?

concret :

- *Quelles contraintes sur l'échantillon?*
 - taille (Mathilde et Amandine)
 - normalité (Yilin et Min)
 - prise en compte d'une dérive des mesures dans le temps et traitement mathématique (Marie et Ruofan)
- *Comment s'assurer de la fiabilité quotidienne de la méthode de mesure et de calcul ?*
 - implication labo extérieur (conditions différentes) (Erwan et Aurèle)
 - intervention interne : étalon ou méthode de référence (Jiawen et Benjamin)
- *Comment détecter et gérer des données aberrantes ? (Florine et Laetitia)*

Synchronisation de l'ensemble : (Maxime et Nicolas)

Logiciel : MiniTab (disponible en salle 218)

5.4 Compte-rendu final du PER

recherche forums

res annonces

ajouts à venir

activité récente

administration

Sommaire

Fiches tests

Tables

Bibliographie

Approfondissement du cours de statistique

Tableau de bord ► Cycle ingénieur ► Cycle ingénieur 1ère année ►
Module 4 Génie chimique-Environnement-outils méthodologiques ►
Approfondissement du cours de statistique

[Activer le mode édition](#)

Votre progression 

Dans l'industrie pharmaceutique, comment s'assurer que le produit respecte le dosage inscrit sur l'emballage ?

Le dosage inscrit sur un emballage de médicament est très important. En effet, celui-ci indique la quantité de principe actif présent dans un produit et permet donc au consommateur d'en ingérer une dose connue. Un médicament peu concentré sera inefficace tandis-qu'un médicament trop concentré peut provoquer divers effets sur la santé. Connaître précisément le dosage d'un médicament est donc un enjeu majeur. Dans ce cours, nous répondrons à la problématique suivante : Dans l'industrie pharmaceutique, comment s'assurer que le produit respecte le dosage inscrit sur l'emballage ?

Ce cours est l'aboutissement d'un projet TICE. Il vous permettra d'approfondir les notions et les utilisations des statistiques dans le cadre de contrôles qualités industriels. Vous trouverez [ici](#) le plan de ce cours ainsi que son tutoriel d'utilisation.

 Annonces

Caractérisation de l'échantillon

Contrainte sur la taille des échantillons

Pour s'assurer qu'un médicament respecte un dosage prescrit, l'analyse et l'étude statistique ne peuvent se faire directement sur la population (analyse destructive ou population beaucoup trop nombreuse, dans le cas de l'industrie par exemple). C'est

pourquoi on commence par déterminer la taille de l'échantillon que l'on va analyser, qui représentera toute la population. Il reste maintenant à savoir comment déterminer cette taille d'échantillon.

A. Notion d'échantillonnage

Pour déterminer si un échantillon issu d'un lot des produits a une concentration acceptable ou non, on en tire plusieurs de façon aléatoire parmi la population totale. C'est ce que l'on appelle un **échantillonnage aléatoire simple**, où les tirages sont exhaustifs (c'est-à-dire sans remise). Il est donc important de connaître le nombre optimal d'échantillons à analyser pour obtenir des résultats représentatifs sans effectuer des analyses superflues et coûteuses.

Certaines hypothèses sont nécessaires :

- on suppose que la population est **homogène**
- on suppose l'**homoscédasticité** de la population
- la distribution de la population est **normale**.

Il est important de savoir que **la taille de l'échantillon n n'est pas proportionnelle à la taille de la population N**.

Lorsqu'on teste une série d'échantillon, on cherche à accepter l'hypothèse H_0 : "la série d'échantillon a le bon dosage" et donc rejeter l'hypothèse H_1 : "la série d'échantillon n'a pas le bon dosage". La probabilité de cet événement s'appelle la **puissance d'un test**. On la note **P**. On veut donc avoir une puissance de test élevée pour s'assurer de faire le bon choix. On estime en général qu'une puissance de test est acceptable lorsqu'elle est au moins égale à 0.80. Or, cette puissance dépend du nombre d'échantillons testés.

En effet, P est définie comme étant $(1 - \beta)$, où β est le risque de deuxième espèce.

B. Relation entre la puissance et la taille d'échantillon

Pour montrer l'évolution de la puissance en fonction de la taille de l'échantillon, il y a plusieurs étapes. On commence par tracer le risque β en fonction d'une distribution normale d'une variable x autour d'une valeur moyenne, pour plusieurs valeurs de la taille de l'échantillon n . Puis on détermine l'intervalle de confiance en fonction de la valeur de α :

$$I_{\alpha} = [x_{min}; x_{max}] = \left[\mu - z_{(1-\alpha/2)} \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}} ; \mu + z_{(1-\alpha/2)} \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right]$$

où μ et σ sont la moyenne et l'écart-type de l'échantillon et $z_{(1-\alpha/2)}$ est donné par la table de probabilité de la loi normale centrée réduite. Les valeurs de x_{min} et x_{max} permettent ensuite de déterminer β , grâce à la formule :

$$\beta = p(A + z_{(1+\alpha/2)}) - p(A - z_{(1+\alpha/2)})$$

p : probabilité de la loi normale centrée réduite

avec $A = (\bar{\mu} - x_i) \frac{\sqrt{n}}{\sigma}$ et où les x_i sont les différentes valeurs prises par x .

On prend ensuite une valeur de x , on détermine la valeur de β associée à l'aide de la courbe et on en déduit la puissance de test $P = 1 - \beta$ pour différentes valeurs de n .

Exemple d'application

C. Détermination de la taille de l'échantillon

Pour déterminer la taille d'un échantillon dont on veut tester une hypothèse de rejet d'un lot, comme c'est le cas pour notre sujet, on utilise plutôt une table. Il s'agit d'un tableau à deux entrées : la taille de la population N , et la puissance du test P .

Il en existe plusieurs selon la valeur de α et le nombre maximal de sujets présentant un défaut que l'on peut accepter dans le lot.

Tables d'estimation du nombre d'échantillon à tester

Exemple d'application

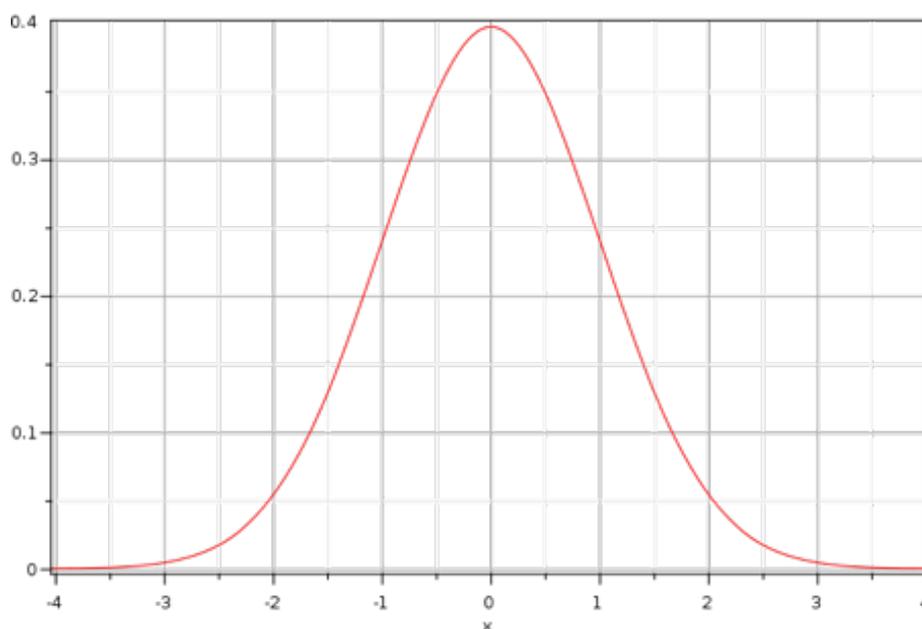
Normalité des mesures

A. Qu'est-ce que la loi normale ?

A.1. La loi normale

La loi normale est une loi dont la distribution, en forme de cloche, est appelée courbe de Gauss, et dont les écarts types successifs par rapport à la moyenne fournissent des références pour l'estimation du pourcentage des observations de données. La vérification de cette loi est à la base d'un grand nombre d'hypothèses de tests, tels que les tests Z et les tests t .

Lorsque la distribution des données vérifie la loi normale, nous pouvons déterminer de façon exacte le pourcentage des valeurs comprises dans une plage spécifique. Par exemple :



Graphique 1 : Courbe de Gauss

- Environ 95 % des valeurs se trouvent à moins de 2 écarts types de la moyenne. En effet, 95 % des valeurs seront situées à moins de 1,96 écart type de la moyenne (entre -1,96 et +1,96). Moins de 5 % (0,05) des observations seront donc extérieures

à cette étendue. Cette valeur explique le niveau d'alpha de 0,05 utilisé pour un grand nombre de tests d'hypothèse.

- Environ 68 % des observations se situent à moins d'un écart type de la moyenne (de -1 à +1) et environ 99,7 % des observations se situent à moins de 3 écarts types de la moyenne (de -3 à +3).

A.2. La moyenne

La moyenne est une mesure courante du centre d'un ensemble de valeurs numériques. Il s'agit de la somme de toutes les valeurs divisée par le nombre de valeurs.

Pour obtenir la moyenne d'un échantillon X_1, \dots, X_n , on applique la formule suivante :

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$$

- X_i la i ème valeur
- n la taille de l'échantillon

A.3. L'écart type

L'écart type de l'échantillon fournit une mesure de l'étendue des données. Il est égal à la racine carrée de la variance de l'échantillon.

Pour obtenir l'écart-type d'un échantillon X_1, \dots, X_n , on applique la formule suivante :

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

- X_i la i ème valeur
- \bar{X} la moyenne des valeurs
- n la taille de l'échantillon

B. Tests de normalité

B.1. Test d'Anderson-Darling (Test de AD)

Ce test compare la fonction de répartition empirique des données échantillons à la distribution qui pourrait être attendue si les données étaient normales. Si la différence observée est suffisamment importante, il faut rejeter l'hypothèse nulle de la normalité de la population.

La statistique d'Anderson-Darling (A^2) mesure l'aire comprise entre la ligne ajustée (qui dépend de la loi de distribution sélectionnée) et la fonction en escalier non paramétrique (qui dépend des points relevés). Plus précisément, la statistique d'Anderson-Darling est le carré d'une distance ayant une pondération plus élevée aux extrémités de la loi de distribution. Une petite valeur d'Anderson-Darling indique que la loi correspond bien aux données. Ce test est plus efficace pour détecter les différences au niveau des queues de séries.

Le protocole du test de normalité d'Anderson-Darling est défini comme suit :

1. Définition des hypothèses

- H0 : les données suivent une loi normale
 - H1 : les données ne suivent pas une loi normale
2. Tri des données dans l'ordre croissant
 3. Calcul de la moyenne et de l'écart-type
 4. Simulation des données centrées réduites selon la loi normale
 5. Utilisation de la fonction de répartition de la loi normale centrée réduite pour obtenir les fréquences
 6. Déduction de la statistique A^2 via le calcul suivant :

$$A^2 = -n - \frac{1}{n} \sum_i^n (2i - 1)(\ln(z_i) + \ln(1 - z_{n-i+1}))$$

- $z_i = F\left(\frac{X_i - \bar{X}}{\sigma}\right)$ avec F fonction de répartition d'une loi normale centrée-réduite
 - X_i les données triées
 - n la taille de l'échantillon
7. Lecture de la valeur critique dans la table
 8. Interprétation :
 - Valeur calculée \geq Valeur critique : les données ne suivent pas la loi normale au niveau de risque α donné (H0 est rejeté)
 - Valeur calculée $<$ Valeur critique : les données suivent la loi normale au niveau de risque α donné (H0 est retenue)

La valeur critique de ce test ne se calcule usuellement pas mais a été tabulée par ses créateurs. Ces valeurs dépendant de la loi à laquelle on veut faire l'ajustement. Pour le cas d'un ajustement à la loi Normale, les valeurs sont les suivantes :

Niveau de risque	1%	2,5%	5%	10%
Valeur critique	1,035	0,873	0,752	0,631

Tableau 1 : Table d'Anderson-Darling

On peut également déterminer la valeur de p, qui est une autre mesure quantitative permettant d'évaluer le résultat du test de normalité. Une valeur de p faible indique que l'hypothèse nulle est fautive.

En fonction de A^2 , on calcule p selon les équations suivantes :

Valeur de A^2	p
$A^2 < 0,2$	$1 - e^{(-13,436+101,14*A^2-223,73*(A^2)^2)}$
$0,2 \leq A^2 \leq 0,34$	$1 - e^{(-8,318+42,796*A^2-59,938*(A^2)^2)}$
$0,34 \leq A^2 < 0,6$	$e^{(0,9177-4,279*A^2-1,38*(A^2)^2)}$
$0,6 \leq A^2$	$e^{(1,2937-5,709*A^2+0,0186*(A^2)^2)}$

Tableau 2 : Valeur de p en fonction de A^2

Interprétation :

- $p > \alpha$: les données suivent une loi normale avec un risque de se tromper de $p\%$ (H_0 est retenue)
- $p < \alpha$: les données ne suivent pas une loi normale avec un risque de se tromper de $p\%$ (H_0 est rejeté)

B.2. Test de Ryan-Joiner (Test de RJ)

Le test Ryan-Joiner donne un coefficient de corrélation R_p qui indique la corrélation entre les données étudiées et les données théoriques en supposant qu'elles suivent la loi normale. Si **le coefficient de corrélation est proche de 1**, les points de données sont alors proches de la droite de Henry. S'il est inférieur à la valeur critique appropriée, il faut rejeter l'hypothèse nulle de normalité. Ce test est d'autant plus efficace et probant que la taille de l'échantillon est grande.

Le coefficient de corrélation est calculé comme suit :

$$R_p = \frac{\sum Y_i b_i}{\sqrt{s^2(n-1) \sum b_i^2}}$$

- Y_i les données triées par ordre croissant
- b_i les données théoriques en supposant qu'elles suivent la loi normale, triées par ordre croissant
- s^2 la variance de l'échantillon

B.3. Test de Kolmogorov-Smirnov (Test de KS)

Ce test compare la fonction de répartition empirique (ECDF) des données échantillons à la distribution qui pourrait être attendue si les données étaient normales. Si la différence observée est suffisamment importante, le test rejette l'hypothèse nulle de la normalité de la population. Ce test présente l'avantage d'être applicable quelle que soit la taille de l'échantillon.

Procédure du test de Kolmogorov-Smirnov :

1. Définition des hypothèses :
 - H_0 : les données suivent une loi normale
 - H_1 : les données ne suivent pas une loi normale
2. Classement des valeurs observées par ordre croissant ;
3. Calcul des nombres $\frac{i}{n}$, c'est-à-dire les valeurs supérieures de la distribution empirique
4. Calcul des valeurs absolues des écarts $F(X_i) - \frac{i}{n}$ entre F et les valeurs précédentes
5. Calcul des nombres $\frac{i-1}{n}$, c'est-à-dire les valeurs inférieures de la distribution empirique
6. Calcul des valeurs absolues des écarts $F(X_i) - \frac{i-1}{n}$ entre F et les valeurs précédentes
7. La distance de Kolmogorov-Smirnov est le plus grand de tous ces écarts. On définit D cette statistique telle que $D = \max\{D^+, D^-\}$ avec :

- $D^+ = \max\left(\left|\frac{i}{n} - F(X(i))\right|\right)$
 - $D^- = \max\left(\left|\frac{i-1}{n} - F(X(i))\right|\right)$
 - $F(x)$ la fonction de loi de probabilité pour la loi normale
 - $X(i)$ la statistique de l'ordre i dans un échantillon aléatoire, $1 \leq i \leq n$
 - n la taille de l'échantillon
8. On conclut le test en acceptant l'hypothèse H_0 si la distance calculée est inférieure à la valeur critique donnée dans la table et en la rejetant sinon.

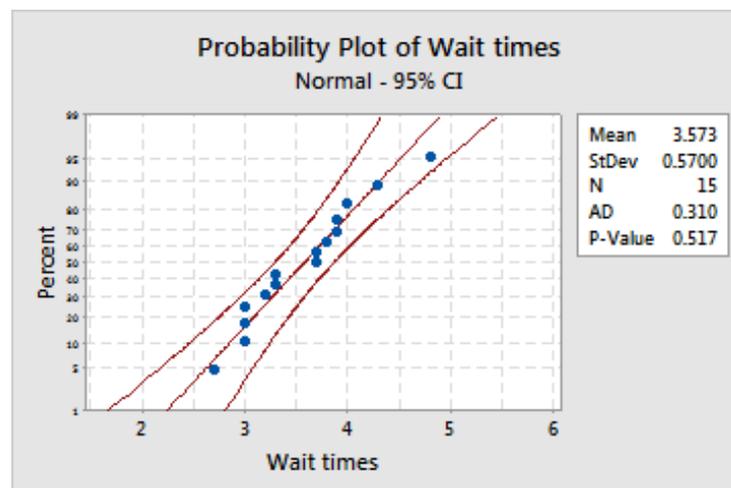
B.4. Diagrammes de probabilité

Un diagramme de probabilité est souvent utilisé pour évaluer l'ajustement d'une distribution aux données et comparer différentes distributions d'échantillons. Il affiche chaque valeur en fonction du pourcentage de valeurs dans l'échantillon qui lui sont inférieures ou égales, ainsi qu'une ligne de distribution ajustée. L'axe des Y est transformé de manière à ce que la distribution ajustée forme une ligne droite.

Les diagrammes de probabilité se composent des éléments suivants :

- Des points, qui sont les **percentiles** (i.e. 1 pourcentage de la distribution) estimés des probabilités correspondantes d'un ensemble de données trié.
- Des lignes centrales, qui représentent le percentile attendu de la loi, en fonction des estimations des paramètres par le maximum de vraisemblance. Si la loi est un bon ajustement pour les données, les points s'alignent le long de la ligne centrale.

Par exemple, un directeur de banque crée un diagramme de probabilité pour étudier la distribution du temps d'attente des clients. Selon ce diagramme, on pourra déduire que la distribution du temps d'attente obéit à la loi normale car les points de données sont compris entre les deux lignes d'intervalle 95% qui constituent un "crayon gras".



Graphique 2 : Exemple de test du crayon gras et de la droite de Henry

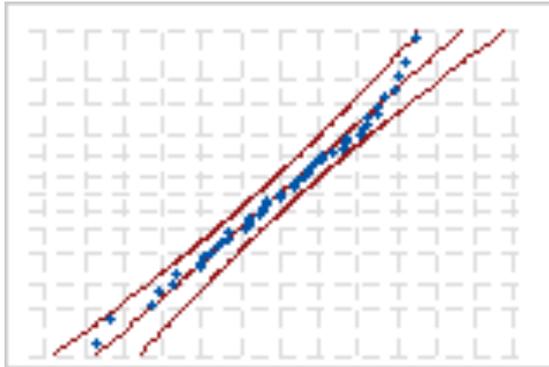
B.5. Droites de Henry et "test du crayon gras"

La droite (ou diagramme) de Henry est un outil simple pour vérifier si une distribution suit une loi normale. C'est une méthode visuelle donc elle n'a pas la rigueur des tests de normalité mais elle permet de déceler où se situent les écarts.

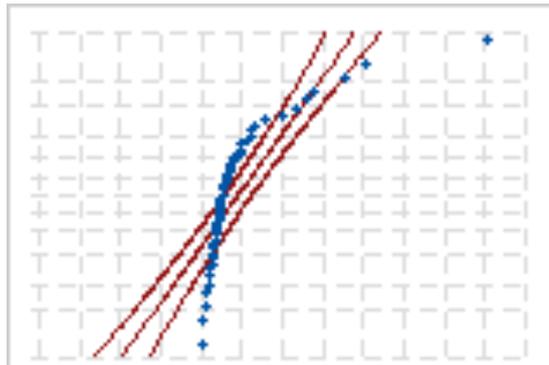
Une approximation d'un test de normalité, appelée le "test du crayon gras", est souvent appliquée à un diagramme de probabilité pour visualiser.

Exemples de test du crayon gras :

- avec des données normales :



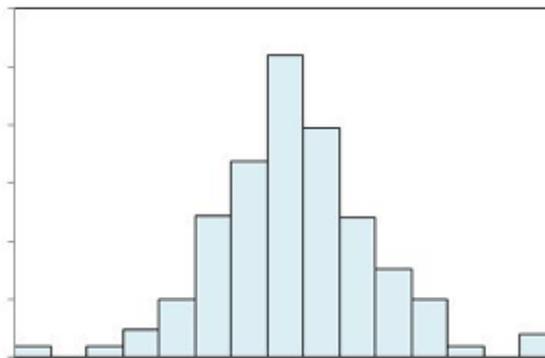
- avec données non normales :



C. Que faire avec des données non normales ?

C.1. Pourquoi les données ne suivent pas la loi normale ?

C.1.1. Existence d'un point aberrant

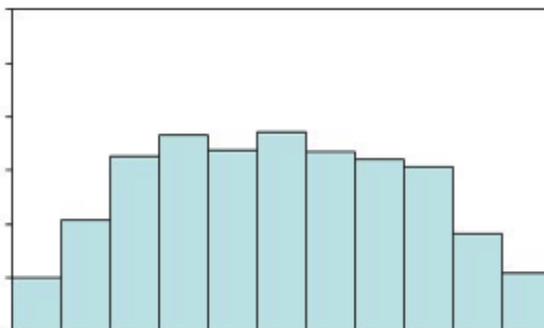


Graphique 3 : Exemple de distribution avec valeur potentiellement aberrante

Les points aberrants peuvent souvent être visualisés à l'aide d'histogrammes ou de boîtes à moustaches. Si on trouve des valeurs qui paraissent aberrantes, la pratique habituelle est de d'abord regarder d'où ces valeurs éloignées proviennent, puis d'envisager de les enlever si elles se révèlent effectivement aberrantes. Pour plus de précision, voir la partie "Comment détecter et gérer des valeurs aberrantes ?"

Si la cause de l'anomalie n'est pas trouvée, il peut s'agir d'une donnée standard. Dans ce cas, un échantillonnage supplémentaire peut être envisagé pour voir s'il peut combler l'écart entre le point suspect et la plupart des données.

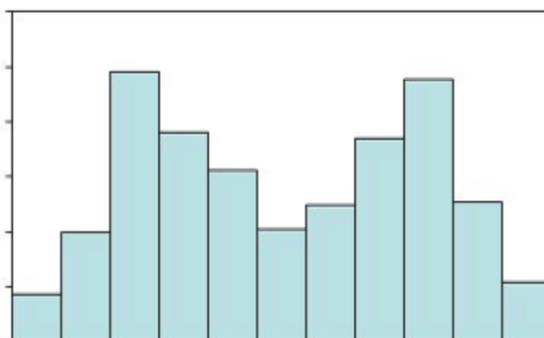
C.1.2. Données plate



Graphique 4 : Exemple de distribution avec plateau

Ce type de données peuvent apparaître lorsque le cycle de collecte des valeurs est trop long et que le processus a changé. On peut envisager de ne prendre que des données récentes pour l'analyse, les anciennes données pouvant ne pas être utilisables.

C.1.3. Données avec plusieurs pics



Graphique 5 : Exemple de distribution avec plusieurs pics

Ces données peuvent être générées en mélangeant deux ensembles de données ou plus, par exemples des données provenant de plusieurs lignes de production, des données provenant d'opérateurs différents, des données provenant de différents produits, etc. Il se peut que chaque ensemble de données obéisse à la distribution normale, mais cela ne fonctionnera pas s'il est mélangé. Il est donc nécessaire de **séparer les données autant que possible**.

C.2. Comment utiliser des données réellement non-normales ?

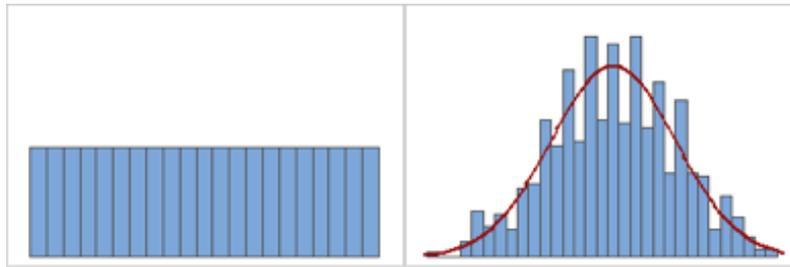
Il existe de nombreuses raisons pour lesquelles les données peuvent ne pas être normales, et il n'est pas forcément approprié de changer de données lorsqu'elles ne sont pas normales. Il existe néanmoins plusieurs méthodes qui permettent de normaliser des données pour les étudier ensuite.

C.2.1. Utilisation d'échantillons de grande taille

Bien que de nombreuses hypothèses de tests soient en théorie fondés sur l'hypothèse de normalité, on peut tout de même obtenir de bons résultats avec des données non normales si on a un échantillon assez grand. La quantité de données nécessaire dépend du degré de non-normalité des données, mais une taille d'échantillon de 20 est souvent adéquate.

Le théorème central limite est un théorème fondamental du domaine de la probabilité et des statistiques. Il décrit la loi de distribution de la moyenne d'un échantillon aléatoire provenant d'une population avec une variance limitée. Lorsque l'effectif de l'échantillon est suffisamment large, la loi de distribution des moyennes est à peu près normale.

Échantillons issus d'une population uniforme :

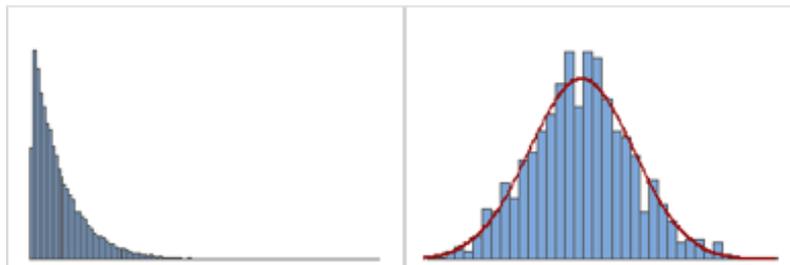


Loi uniforme

Moyennes des échantillons

Une population qui suit une loi uniforme a une répartition symétrique mais fortement non normale comme le montre de premier histogramme. Toutefois, la distribution des moyennes obtenues par tirage de 5 échantillons, à partir d'une population de 1000 individus, s'apparente à une loi normale en raison du théorème central limite, comme le montre le second histogramme, superposé avec une courbe de Gauss.

Échantillons issus d'une population exponentielle :



Loi exponentielle

Moyennes des échantillons

Une population qui suit une loi exponentielle a une répartition asymétrique et non normale, comme l'illustre le premier histogramme. Toutefois, la distribution des moyennes obtenues par tirage de 50 échantillons à partir d'une population de 1000 individus est proche d'une loi normale en raison du théorème central limite, comme le montre le second histogramme, superposé avec une courbe de Gauss.

C.2.2. Transformation de Box-Cox

La transformée de Box-Cox est une transformation non-linéaire très souvent utilisée en statistique. C'est une des principales méthodes de normalisation de données.

La transformation de Box-Cox est une transformation par puissance : $W = Y^\lambda$. Pour toute valeur de x positive, on définit la transformée de Box-Cox de la manière suivante :

$$B(x, \lambda) = \begin{cases} \frac{x^\lambda - 1}{\lambda} & \text{si } \lambda \neq 0 \\ \log(x) & \text{si } \lambda = 0 \end{cases}$$

C.2.3. Transformation de Johnson

La transformation de Johnson utilise un algorithme différent de la transformation de Box-Cox. Il s'agit ici d'appliquer chacune des trois fonctions ci-dessous et de voir, en faisant varier les différents paramètres, laquelle permet d'obtenir une répartition normale des données.

Série de Johnson	Fonction de transformation	Étendue
SB	$\gamma + \eta \ln [(x - \epsilon) / (\lambda + \epsilon - x)]$	$\eta, \lambda > 0, -\infty < \gamma < \infty, -\infty < \epsilon < \infty, \epsilon < x < \epsilon + \lambda$
SL	$\gamma + \eta \ln (x - \epsilon)$	$\eta > 0, -\infty < \gamma < \infty, -\infty < \epsilon < \infty, \epsilon < x$
	$\gamma + \eta \operatorname{Sinh}^{-1} [(x - \epsilon) / \lambda], \text{ où}$	

SU	$\text{Sinh}^{-1}(x) = \ln [x + \text{racine carrée} (1 + x^2)]$	$\eta, \lambda > 0, -\infty < \gamma < \infty, -\infty < \varepsilon < \infty, -\infty < x < \infty$
----	--	--

Tableau 3 : Fonctions de transformation de Johnson

Pour d'avantage d'information à propos de cette transformation :

Journal of Applied Statistics. Wei-Ming, Jiin-Huang Guo, Feb2000, Vol. 27 Issue 2, p197-203. 7p. 2 Charts.

C.2.4. Comment choisir entre les deux méthodes?

La transformation de Box-Cox est simple à comprendre et fournit des statistiques de capacité globale plus des statistiques à l'intérieur des sous-groupes formés.

La transformation de Johnson est très puissante et peut être utilisée avec des données qui incluent des valeurs égales à zéro ou négatives, mais c'est un outil plus compliqué et qui ne fournit que des statistiques de capacité globale. Il vaut mieux ne l'utiliser que lorsque la transformation de Box-Cox ne donne pas de transformation adaptée.

Il faut donc commencer par le box-cox, et si le résultat obtenu n'est pas satisfaisant il faut utiliser la transformation de Johnson.

C.3. Test des rangs signés de Wilcoxon

En statistique, le test des rangs signés de Wilcoxon est une alternative non-paramétrique au test de Student pour des échantillons appariés. Ce test s'intéresse à un paramètre de position (la médiane), le but étant de tester s'il existe un changement sur la médiane. Il n'a pas besoin que les données soient distribuées normalement.

La procédure considère que les variables étudiées ont été mesurées sur une échelle permettant d'ordonner les observations en rangs pour chaque variable (c'est-à-dire une échelle ordinale) et que les différences de rangs entre variables aient un sens.

C'est pourquoi les conditions requises pour réaliser ce test sont plus contraignantes que celles du test des signes. Toutefois, si ces conditions sont remplies, c'est-à-dire si les différences (ex: différents taux pour un même individu) contiennent des informations exploitables, ce test sera plus puissant que le test des signes.

Les données consistent en $2n$ observations, deux observations pour chaque sujet n .

Le test de rang signé Wilcoxon comporte trois hypothèses :

- Hypothèse n°1 : La variable dépendante doit être mesurée à un niveau continu
- Hypothèse n°2 : La variable indépendante devrait être constituée de deux «groupes apparentés» ou «paires appariées» catégoriques
- Hypothèse n°3 : La distribution des différences entre les deux groupes apparentés est de forme symétrique

Fiabilité des méthodes

Étude en interne par la méthode étalon

Pour assurer la fiabilité de la méthode de mesure, nous pouvons utiliser la méthode étalon. Cette méthode a l'avantage de pouvoir être réalisée en interne directement par l'entreprise fournisseuse du produit pharmaceutique. Elle ne nécessite en effet rien de plus que l'acquisition d'un étalon.

A . Principe et besoins de la méthode

A.1. Principe

Cette méthode consiste à réaliser n fois la technique de dosage pour mesurer la teneur d'un étalon, pour ensuite comparer le résultat à la teneur théorique de l'étalon afin de déduire si la méthode est fiable. On rappellera que la détermination de la taille de l'échantillon est une étape cruciale avant toute enquête, dont découlera la précision de l'analyse.

A.2. Acquisition de l'étalon

Pour utiliser cette méthode il faut donc se procurer un matériau de référence certifié (MRC). Ils s'acquièrent auprès d'organismes tels que le NIST (National Institute of Standards and Technology) aux USA, ou le BCR (Bureau Communautaire de Référence) en Europe. Le choix d'un MRC se porte notamment sur l'existence d'une valeur certifiée de la teneur en l'analyte qu'on souhaite déterminer. Cette valeur théorique μ – obtenue par consensus entre un ensemble de laboratoires – est considérée comme conventionnellement vraie. Ensuite s'il existe plusieurs MRC possibles, on choisit celui qui est le plus adapté à l'expertise attendue. L'utilisation de banques de données, comme par exemple la banque COMAR développée en France par le BNM (Bureau National de Métrologie), permet de faciliter cette recherche d'un MRC convenable.

A.3. Explication de la méthode

Une fois notre étalon trouvé (MRC), concrètement il faut lui appliquer n fois la technique utilisée pour doser le produit. On obtient alors une série de teneurs issue de ces analyses répétées de l'étalon. On détermine alors la moyenne m ainsi qu'une valeur estimée de la variance de cette série de teneurs. Cette moyenne m doit alors être comparée à μ (la teneur théorique connue et fiable de l'étalon) par un test de conformité.

B. Les tests à appliquer

Le test à utiliser dépend de la taille initiale des échantillons.

B.1. Le test t

Si le nombre d'échantillons est inférieur à 30, nous appliquons le test t:

Le test-t de Student est un test statistique permettant de comparer les moyennes de deux groupes d'échantillons. Il s'agit donc de savoir si les moyennes des deux groupes sont significativement différentes du point de vue statistique.

Soit une série de valeurs de taille n, de moyenne m et d'écart-type s. La comparaison de la moyenne observée m à une valeur théorique μ est donnée par la formule :

$$t = \frac{m - \mu}{s / \sqrt{n}}$$

Pour savoir si la différence est significative, il faut tout d'abord lire dans la table t la valeur critique correspondant au risque $\alpha = 5\%$ pour un degré de liberté.

Si la valeur absolue de t est supérieure à la valeur critique, alors la différence est significative. Dans le cas contraire, elle, ne l'est pas. Le degré de significativité (ou p-value) correspond au risque indiqué par la table de Student pour la valeur |t|.

B.2. Le test z

Si le nombre d'échantillons est supérieur à 30, nous appliquons le test z.

La statistique z utilise la moyenne m observée sur l'échantillon. Elle suit la loi normale centrée réduite et s'établit ainsi :

$$z = \frac{m - \mu}{\sigma / \sqrt{n}}$$

La différence avec la statistique t de Student est que z utilise l'écart-type empirique σ .

C. Les difficultés à considérer

La principale difficulté pour l'application de cette méthode est la disponibilité de l'étalon. Le coût de procuration du RMC est bien évidemment à considérer. En effet, un grand nombre de substances chimiques sont disponibles commercialement, soit à l'état pur, soit avec un pourcentage de pureté connue, soit en solution de concentration connue. Pour celles qui ne sont pas accessibles, il est nécessaire de les synthétiser. La pureté requise pour avoir un RMC n'est donc pas facile à obtenir selon le budget alloué et la nature des substance désirées le constituant.

La pureté de l'étalon est un paramètre important. Elle est généralement donnée par le fournisseur, mais elle peut évoluer dans le temps si le produit se dégrade. Dans ce cas, il faut contrôler cette pureté et ce contrôle n'est possible que si la nature des impuretés est connue. Les étalons distribués commercialement sont accompagnés d'une date de péremption qui garantit l'absence de dégradation dans les conditions recommandées de stockage. Lorsque cette date est dépassée, la détermination de la pureté est indispensable et l'utilisation de l'étalon n'est alors plus assurée.

Pour avoir un exemple de cette partie, regardez directement l'exemple complet 1, E :

Exemple 1 courant : cas du paracétamol (doliprane, efferalgan, dafalgan)

Étude en interne par la méthode de référence

A. Définition

On peut évaluer les résultats obtenus avec une méthode par rapport à ceux d'une autre méthode. Si cette dernière est une méthode de référence, des conclusions sur la justesse de la méthode testée peuvent être formulées. Cette évaluation est en effet destinée à mettre en évidence des différences qui peuvent nuire à l'interprétation des résultats.

B. Objectif

La comparaison de deux méthodes permet d'estimer la comparabilité des résultats obtenus par ces méthodes et de définir s'il existe un biais entre elles. En cas de discordance entre les deux méthodes, il conviendra d'en évaluer les causes et d'informer les prescripteurs et les patients. Cette évaluation permet de maîtriser d'éventuels défauts entre deux systèmes analytiques parallèlement disponibles dans un laboratoire.

C. Exploitation

La comparaison des deux permet d'estimer les différences relatives entre les deux méthodes en fonction des moyennes des concentrations et/ou dosages mesurés par chaque méthode. Cela permet de définir le biais entre les deux techniques, son écart type et son intervalle de confiance à 95 % ou 99%.

Hypothèses : Population homogène avec homoscedasticité qui suit une loi normale avec $n < 30$, on réalise un test t-apparié.

Si $n > 30$, il faudra effectuer un test z-apparié

On pose alors les hypothèses suivantes :

- H_0 = Pas de différence significative
- H_1 = Différence significative

Il suffit ensuite d'effectuer le test t et de comparer la variable calculée avec la variable tabulée. On en déduit alors si la méthode est correcte (l'hypothèse nulle est vérifiée) par rapport à celle de référence que l'on sait exacte, ou s'il existe une différence significative entre les deux méthodes.

Exemple de l'exploitation ci-dessus : [exemple du produit rare](#)

Plusieurs facteurs peuvent entraîner le biais d'une méthode par rapport à une autre. La nature des principales différences constatées sont les suivantes :

- Erreurs systématiques (constante ou proportionnelle)
- Erreurs aléatoires affectant certains spécimens

On pourra alors représenter respectivement ces ces erreurs dans un histogramme ou dans une boîte à moustache.

Pour terminer, voici un exemple en lien avec l'étude en interne par la méthode de référence :

[Exemple dans le cas d'une erreur systématique](#)

Étude de l'implication des laboratoires extérieurs

A. Introduction

Pour s'assurer qu'un médicament respecte le dosage inscrit sur l'emballage, il est nécessaire d'effectuer une mesure précise et fiable. Une mesure provenant d'un laboratoire extérieur peut parfois être requise, sachant que les méthodes et le matériel utilisés peuvent être différents du laboratoire à l'origine de la vérification systématique du médicament. Il faut donc vérifier la justesse et la fiabilité de ces laboratoires en suivant majoritairement la norme **ISO 5725**. Cette norme définit une méthode permettant de quantifier un défaut de fidélité dans le cas d'une approche inter-laboratoire.

Pour vérifier l'impact significatif des différents laboratoires sur la mesures, un test **ANOVA** avec mesure de variance inter-laboratoires est envisageable. En cas de résultat positif au test (influence significative des laboratoires), il est préférable d'éliminer les

laboratoires à l'origine de l'erreur de mesure à l'aide d'une méthode bien définie. La méthode utilisée se base sur le protocole ISO 5725 incluant 2 tests différents: le test de **Cochran** et le test de **Grubbs**. Elle permet d'éliminer les laboratoires aux valeurs incohérentes, de déterminer l'écart-type de répétabilité et l'écart-type de reproductibilité.

B. Test de Cochran :

Le test de Cochran, noté C, permet de vérifier si la variance maximale est retenue, suspecte, ou aberrante.

1. Calculer la variance s_i^2 de chaque laboratoire et leur somme $S = \sum_{i=1}^I s_i^2$
2. Récupérer s_{max}^2 , la variance la plus élevée
3. Calculer le rapport $C = \frac{s_{max}^2}{S}$
4. Lire les valeurs limites dans les tables pour i laboratoires aux risques de 5% et 1%.
5. Décision :
 - Si C est supérieur à la valeur de la table au risque d'erreur de 1 %, le laboratoire est considéré comme aberrant.
 - Si C est supérieur à la valeur de la table au risque d'erreur de 5%, le laboratoire est considéré comme suspect.

C. Test de Grubbs :

Le test de Grubbs, noté G, permet de vérifier si les moyennes maximale et minimale sont retenues, suspectes, ou aberrantes.

1. Trier les moyennes par ordre croissant.
2. Pour vérifier si la moyenne la plus grande ou la moyenne la plus petite est aberrante, calculer les deux rapports :

$$G_{max} = \frac{X_{max} - \bar{X}}{s}$$

$$G_{min} = \frac{\bar{X} - X_{min}}{s}$$

avec:

- X_{max} la moyenne maximale entre tous les laboratoires
 - X_{min} la moyenne minimale entre tous les laboratoires
 - \bar{X} la moyenne des moyennes des laboratoires
 - s l'écart-type de l'ensemble des moyennes des laboratoires
3. Lire les valeurs critiques du test simple dans les tables pour i laboratoires aux risques 5% et 1%.
 4. Décision :

- Si le plus grand des deux rapports est supérieur à la valeur lue dans la table au risque d'erreur de 1%, la valeur est considérée comme suspecte ou aberrante selon le cas.
- Sinon on effectue un test double (5)

5. Pour vérifier si les deux plus grandes moyennes ou les deux plus petites moyennes sont aberrantes, suspectes ou retenues, il faut calculer les deux rapports :

$$G_c = \frac{SCE_{HH}}{SCE}$$

$$G_d = \frac{SCE_{LL}}{SCE}$$

avec :

- SCE la somme des carrés des écarts à la moyenne
- SCE_{LL} la somme des carrés des écarts à la nouvelle moyenne en supprimant les deux plus grandes valeurs.
- SCE_{HH} la somme des carrés des écarts à la nouvelle moyenne en supprimant les deux plus petites valeurs.

$$SCE_{LL} = \sum_{i=1}^{I-2} (X_i - X_{LL})^2 \text{ et } \bar{X}_{LL} = \sum_{i=1}^{I-2} X_i / (I - 2)$$

$$SCE_{HH} = \sum_{i=3}^I (X_i - X_{HH})^2 \text{ et } \bar{X}_{HH} = \sum_{i=3}^I X_i / (I - 2)$$

6. Lire les valeurs limites dans la table du test double pour i laboratoires aux risques de 5% et de 1%.

7. On applique la règle de décision inverse du test simple.

D. Protocole ISO 5725 :

Le protocole ISO 5725 est une suite d'étapes permettant de définir un critère de qualité de l'analyse qui consiste à calculer combien de laboratoires sont éliminés par rapport au nombre total de laboratoires participant à l'étude. Les étapes suivantes doivent être réalisées dans l'ordre :

1. Appliquer le test de Cochran au risque 5% aux cellules non éliminées d'une analyse.
2. Appliquer le test de Grubbs aux répétitions des cellules dont la variance est suspecte. Éliminer toutes les répétitions aberrantes.
3. Retourner en 1) si une seule répétition est éliminée, sinon aller en 4)
4. Appliquer le test de Cochran au risque 1% à l'ensemble des variances et éliminer les cellules de variance aberrante.
5. Retourner en 1) si une seule cellule est éliminée, sinon aller en 6)
6. Appliquer le test de Grubbs simple au risque 1% à l'ensemble des moyennes des cellules restantes en commençant par la plus basse, éliminer la moyenne aberrante.

7. Si une moyenne est éliminée, retourner en 6), sinon aller en 8)
8. Appliquer le test de Grubbs double au risque 1% à l'ensemble des moyennes restantes, éliminer les couples de moyennes aberrantes.
9. Calculer la proportion de laboratoires éliminés et vérifier qu'elle reste toujours inférieure à 2/9.

Pour terminer, voici un exemple en lien avec l'étude de l'implication des laboratoires extérieurs :

[Exemple application test inter laboratoires](#)

Altérité aux conditions optimales

Comment détecter et gérer des valeurs aberrantes ?

A. Introduction : Qu'est-ce qu'une valeur aberrante ?

Une valeur aberrante (également appelée *outlier*) est une valeur extrême, minimale ou maximale, qui est anormalement différente du reste de la distribution d'une variable. On reconnaît une valeur aberrante lorsqu'elle diffère grandement des autres valeurs de la même variable. On peut déterminer si une valeur est aberrante ou non à l'aide de tests mathématiques appelés "tests de discordance".

B. D'où viennent les valeurs aberrantes et quand doit-on les éliminer ?

Les valeurs aberrantes sont des valeurs extrêmes mais elles ne sont pas forcément impertinentes. Il peut en effet être intéressant de les garder pour ne pas perdre d'informations sur la variable à analyser. Il faut donc déterminer la nature des données aberrantes avant de décider s'il faut supprimer une donnée ou non.

Pour déterminer cette nature, il est possible de se poser les questions suivantes :

- La valeur est-elle possible ?
- La valeur vient-elle d'une erreur de mesure ou de la collecte des informations ?
- La valeur peut-elle être bénéfique pour l'analyse de la variable ?

B.1. Origine des outliers

Cas 1 : Valeur impossible

Si la valeur paraît impossible (température négative, solution hyper-concentrée...), il faut supprimer cette valeur. Elle peut être due à une défaillance du capteur ou à une erreur de saisie.

Cas 2 : Valeur due à une erreur de la collecte des informations

Une valeur aberrante peut également être due à une défaillance du capteur ou une

erreur lors de la collecte d'information : pollution d'un échantillon lors d'une mauvaise manipulation, élément extérieur perturbant la mesure (changement de température, coupure d'eau ou d'électricité...). Ces valeurs doivent également être supprimées car elles ne reflètent pas la réalité de la variable. Néanmoins elles peuvent être difficiles à déterminer car dans certains cas elles restent proche de la distribution normale.

Cas 3 : Valeur extrême mais sémantiquement plausible

Enfin, certaines valeurs sont extrêmes et rares, mais plausibles. Elles peuvent donc correspondre à une valeur suspecte : une *valeur suspecte* se rapporte à une valeur douteuse qui n'est pas jugée comme aberrante suite à la réalisation d'un test de discordance, tandis que le terme *valeur aberrante* correspond à une valeur étonnamment extrême qui est statistiquement discordante.

Pour déterminer si une valeur est suspecte ou aberrante, il faut d'abord choisir un seuil de signification en fonction du contexte et de l'importance qu'on souhaite donner aux valeurs extrême.

B.2. Influence du seuil de signification

Lors de la réalisation d'un test de discordance, l'une des premières étapes est le choix du seuil de signification, noté α . Lors du test, il faut en effet comparer le seuil de signification à la valeur calculée pour décider s'il faut rejeter ou non l'hypothèse nulle H_0 (la valeur n'est pas aberrante). Si la valeur calculée est en dehors du seuil de signification, alors les résultats sont statistiquement significatifs et il faut rejeter H_0 : la valeur est aberrante. Le seuil de signification le plus courant est $\alpha = 0,05$ (ou risque à 5%) mais il est possible d'en choisir un autre en fonction de l'importance à accorder aux valeurs extrêmes. Un seuil de signification de 0,05 indique un risque de 5 % de conclure à tort qu'une différence existe.

Ainsi, pour **être sûr de détecter toutes les valeurs aberrantes qui puissent exister**, il faut choisir un **seuil de signification important**, tel que 0,10.

Par exemple, un ingénieur qualité contrôle le dosage précis d'un principe actif. Il doit s'assurer que le dosage est compris dans un intervalle restreint car, si ce n'est pas le cas, de forts effets secondaires peuvent apparaître pour les patients. L'ingénieur choisit donc un seuil de signification de 0,10 afin d'augmenter sa certitude de détecter toute différence possible dans le dosage.

En comparaison, pour **être sûr de détecter uniquement une valeur aberrante existant réellement** (c'est à dire une valeur réellement improbable), on choisira un **seuil de signification moins important**, tel que 0,001.

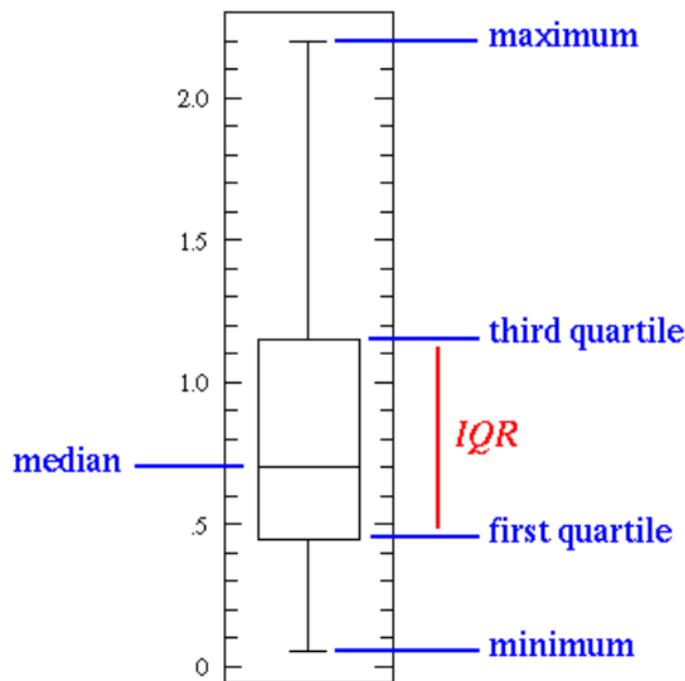
Par exemple, un scientifique travaillant pour une entreprise pharmaceutique doit s'assurer du fait que le nouveau médicament de l'entreprise réduit significativement les symptômes. Il choisit donc un seuil de signification de 0,001 afin de ne détecter qu'une réelle différence significative dans les symptômes.

C. Comment détecter les valeurs aberrantes ?

C.1. Méthodes visuelles

C.1.1. Les box plot

Il s'agit de la méthode la plus simple permettant de visualiser la distribution d'une seule variable. On obtient une box plot (ou boîte à moustache) en plaçant la médiane et les quartiles inférieur et supérieur (Q1 et Q3) sur une droite. Les valeurs aberrantes sont ainsi les valeurs supérieures ou inférieures à i fois l'écart interquartile IQR. Usuellement, on choisit une valeur de 1,5 pour i .



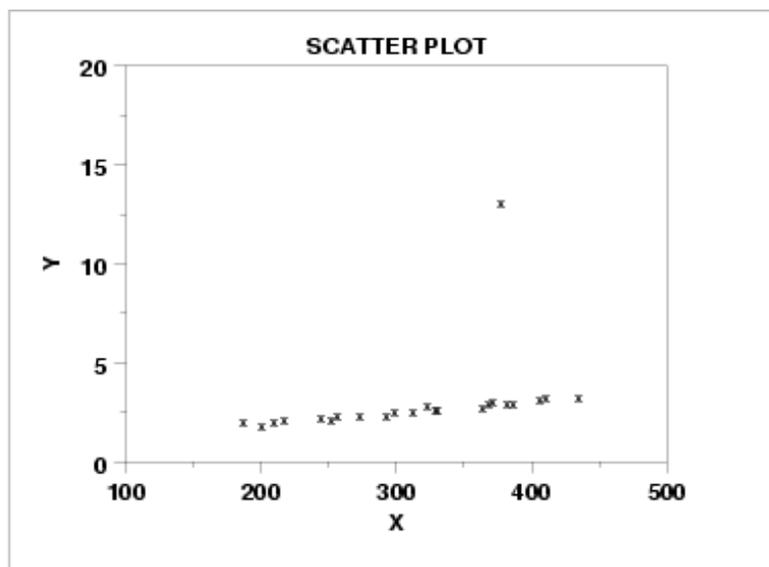
Graphique 6 : Exemple de box plot

source : <https://mrmint.fr/outliers-machine-learning>

Remarque : Cette méthode visuelle est néanmoins trop simpliste et n'est pas applicable dans une démarche de précision.

C.1.2. Les scatter plot

Lorsqu'on veut détecter des valeurs aberrantes en fonction de plusieurs données, on peut tracer la droite associée. Il s'agit alors de détecter les outliers dans une relation entre variables : cela peut être intéressant pour mettre en évidence une corrélation entre deux variables.



Graphique 7 : Exemple de scatter plot

source : <https://mrmint.fr/outliers-machine-learning>

Remarque : Cette méthode ne peut pas s'appliquer à notre cas car nous ne traitons qu'une seule variable à la fois (le dosage).

C.2. Méthodes et tests mathématiques

La distinction entre valeur aberrante et valeur suspecte peut être illustrée à l'aide de tests de discordance. Ces derniers dépendent en grande partie du type de distribution de la population-parent dont provient l'échantillon analysé. Ainsi, selon que la distribution est normale ou non, et en fonction des hypothèses nécessaires à leur utilisation, il existe différents tests de discordance qui ont pu être regroupés en sept types.

En supposant que l'on puisse toujours se rapporter à une population normale (cf. Partie Normalité) et homoscedastique (cf. Partie dérive dans le temps), les 3 tests les plus utilisés pour vérifier si une distribution normale contient des valeurs aberrantes sont le test de Dixon, celui de Grubbs et enfin celui de Rosner.

C.2.1. Test de Dixon

Lorsque l'on dispose d'un nombre d'échantillons $n \leq 25$, il est possible d'appliquer le test de Dixon. Ce dernier permet de déterminer si la plus petite ou la plus grande des valeurs est aberrante et s'il faut l'éliminer. Pour cela, il faut réaliser les étapes suivantes :

1. Définir les hypothèses à considérer :
 - Hypothèse nulle : "H0 = il n'existe aucune valeur aberrante"
 - Hypothèse alternative : "H1 = la valeur testée est une valeur aberrante, ou la valeur testée n'appartient pas à la population d'où est extrait l'échantillon étudié et doit donc être éliminée"
2. Définir le seuil de signification α
3. Classer les valeurs x_i par ordre croissant ($x_1 < x_2 \dots < x_{n-1} < x_n$)
4. Calculer les rapports de Dixon (disponibles dans les tables) associés à la valeur de n (par exemple : pour $n = 10$, $\tau = \frac{x_2 - x_1}{x_{n-1} - x_1}$ pour la plus petite valeur et $\tau = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_2}$ pour la plus grande)
5. Comparer les valeurs obtenues avec la valeur critique donnée par les tables en fonction du seuil de signification α choisi : si les valeurs obtenues sont inférieures à la valeur critique, la valeur x_i ne nécessite pas d'être retirée de l'échantillon (H0 est vraie).

Exemple d'application du test de Dixon

C.2.2. Test de Grubbs

Ce test peut être utilisé dans tous les cas et ne permet également de détecter qu'une seule valeur aberrante éventuelle. Il est également utilisé dans la partie "Etude de l'implication des laboratoires extérieurs" et son protocole est disponible dans la fiche Test de Grubbs.

Pour détecter une valeur aberrante, nous utilisons le protocole ci-dessus en remplaçant la variable "Moyenne des laboratoires" par la variable "Valeur du dosage". Il faut donc :

1. Trier les valeurs par ordre croissant.
2. Pour vérifier si la valeur la plus grande ou la valeur la plus petite est aberrante, calculer les deux rapports : $G_{max} = \frac{X_{max} - \bar{X}}{s}$ et $G_{min} = \frac{\bar{X} - X_{min}}{s}$ avec :
 - X_{max} la valeur maximale de la distribution
 - X_{min} la valeur minimale de la distribution
 - \bar{X} la moyenne de la distribution de la variable étudiée

- s l'écart-type de la distribution de la variable étudiée
3. Lire la valeur critique du test simple pour n valeurs aux risques 5% et 1%.
 4. Si le plus grand des deux rapport est supérieur à la valeur lue dans la table au risque d'erreur de 1%, la valeur est considérée comme suspecte, et s'il est supérieur à la valeur lue dans la table au risque 5%, la valeur est considérée aberrante.

Exemple d'application du test de Grubbs

C.2.3. Test de Rosner

Le test de Rosner sera pratiqué si $25 < n < 500$ et permettra d'identifier jusqu'à 10 valeurs aberrantes parmi les plus extrêmes. Pour le réaliser il faut suivre les étapes suivantes :

1. Définir les hypothèses à considérer :
 - Hypothèse nulle : "H0 = il n'existe aucune valeur aberrante"
 - Hypothèse alternative : "H1 = il existe au moins une valeur aberrante, ie toutes les valeurs n'appartiennent pas à la population d'où est extrait l'échantillon étudié"
2. Classer les valeurs x_i par ordre croissant ($x_1 < x_2 < \dots < x_{n-1} < x_n$)
3. Définir le seuil de signification
4. Choisir le nombre i de valeurs à tester
5. Calculer $R = X_i - X's'$ avec :
 - X_i la valeur à tester la moins extrême
 - X' la moyenne du sous-échantillon auquel on a retiré toutes les valeurs plus extrêmes que la valeur en cours de test
 - s' l'écart-type du sous-échantillon auquel on a retiré toutes les valeurs plus extrêmes que la valeur en cours de test
6. Comparer la valeur obtenue avec la valeur critique donnée par la table en fonction du seuil de signification choisit et du nombre i de valeurs à tester :
 - si la valeur obtenue est inférieure à la valeur critique, la valeur X_i ne nécessite pas d'être retirée de l'échantillon (H0 est vraie) et il faut recommencer le test avec $i = i - 1$
 - si la valeur obtenue est supérieure à la valeur critique, la valeur X_i est considérée comme aberrante et doit donc être retirée. Dans ce cas, toutes les valeurs plus extrêmes que la valeur testée sont également aberrantes et il faut les retirer

Exemple d'application du test de Rosner



Comment détecter et gérer une dérive dans le temps?

Lorsque des mesures sont réalisées à la chaîne sur une longue durée, il peut arriver que des conditions extérieures influencent sur la valeur des mesures effectuées (variations de la température ou de la pression en fonction du climat, vieillissement de l'appareillage...). Dans le cadre d'un dosage, prendre en compte l'impact de cette dérive des mesures est primordial si la variation est trop importante.

Cette partie a pour but d'identifier les cas où une dérive temporelle a lieu et d'apporter des solutions permettant de traiter les données malgré cette dérive lorsque celle-ci ne peut être négligée.

A. Qu'est-ce qu'une dérive temporelle ?

La valeur de chaque dosage varie toujours d'une mesure à l'autre à cause d'erreurs aléatoires. Cependant, lorsqu'il y a une dérive dans le temps, les écarts entre mesures en fonction du temps évoluent de manière générale dans un sens précis, qui tend généralement à s'éloigner de la valeur théorique attendue :

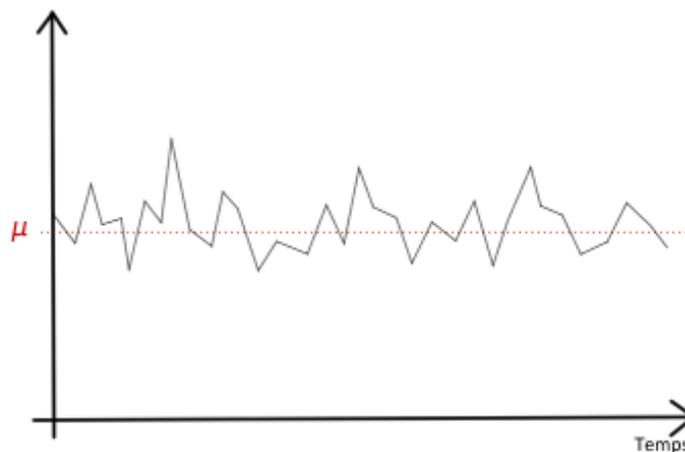


Figure 1: Cas ne présentant pas de dérive apparente

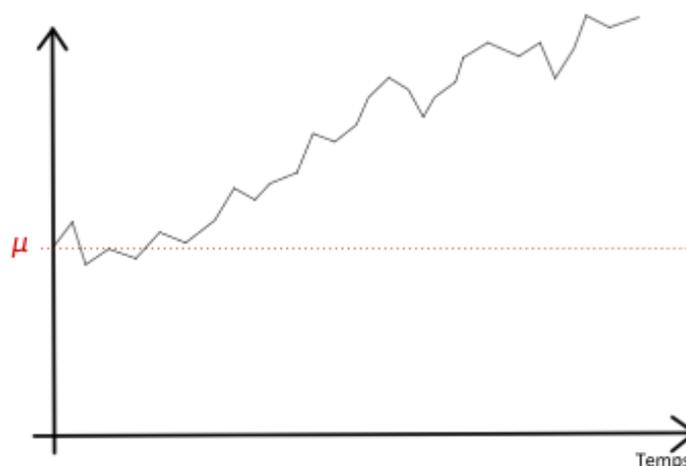


Figure 2: Cas présentant une dérive temporelle probable

A.1. Les sources des dérives temporelles

La dérive temporelle a de nombreuses origines possibles, et la plupart des tests visant à vérifier sa présence dépendent de la source de cette dérive. En pratique, lors d'un dosage on émet l'hypothèse que les instruments sont correctement calibrés, ie on ignore les dérives dues aux instruments de mesure.

A.2. Pourquoi est-il si important d'identifier ces dérives ?

La plupart des tests permettant d'étudier une série de données ne sont applicables que dans certains cas précis, déterminés par des hypothèses émises sur les propriétés de ces séries de données. Lorsque la présence d'une dérive temporelle est suspectée, il est nécessaire de s'assurer que les hypothèses d'application de ces tests restent valides.

Premièrement, la variance d'une série d'échantillons peut varier de manière très importante suite à une dérive temporelle, ce qui peut par exemple causer un problème d'hétéroscédasticité entre plusieurs séries de données liées.

Une autre conséquence possible est l'apparente perte de normalité dans la distribution des échantillons. En effet, la présence d'une dérive temporelle implique irrémédiablement un décalage des valeurs mesurées par rapport à la valeur théorique attendue.

Il est donc primordial de déterminer si l'effet de la dérive peut être négligé (ce qui permet d'appliquer les tests classiques), ou s'il est nécessaire de traiter les données au préalable afin de retrouver une situation permettant d'appliquer les hypothèses d'hétéroscédasticité et de normalité.

B. Comment déterminer l'influence de la dérive temporelle sur les propriétés de la série de données ?

Afin d'identifier si l'influence de la dérive dans le temps est négligeable ou non, différents tests spécifiques existent. Il faut les réaliser préalablement à toute étude de donnée, notamment lorsqu'on veut s'assurer que la quantité de produit actif reste constante au cours du temps. Si la dérive dans le temps est non négligeable, les tests exigeant l'homoscédasticité des données ou une normalité dans leur distribution ne sont plus applicables : il faudra alors transformer la série de données pour qu'elle puisse être traitée par les tests standards.

Une étude de la normalité de la série de données est menée dans une partie qui lui est intégralement consacrée : ainsi, nous ne considérerons dans cette partie que les tests liés aux problèmes d'homoscédasticité ou d'hétéroscédasticité.

B.1. Tests d'homoscédasticité

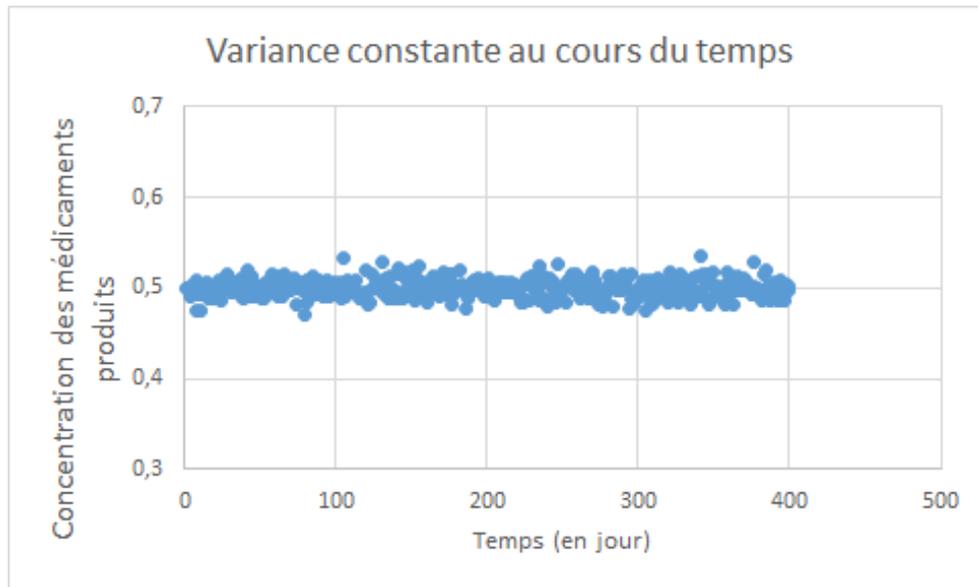
Le suivi de l'homoscédasticité d'une série de mesures se fait à partir du suivi de la variance : cette dernière doit rester constante au long de l'acquisition des mesures. Quelle marge de variabilité s'offre-t-on alors pour la variance ? À partir de quel seuil considère-t-on que l'on a un cas d'hétéroscédasticité ?

De nombreux tests d'homoscédasticité existent en fonction de la source supposée de la dérive temporelle. Etant donné que chaque test est spécialisé pour des types de dérives très différents, il est vivement recommandé d'utiliser plusieurs tests (au moins deux) afin d'éviter les faux négatifs.

De manière générale, chaque test cherche à établir une relation entre la variance de l'erreur (résidus) et la variable explicative (ici, le temps entre chaque mesure). On cherche à établir une relation linéaire à coefficient directeur nul entre le temps et la variance, autrement dit :

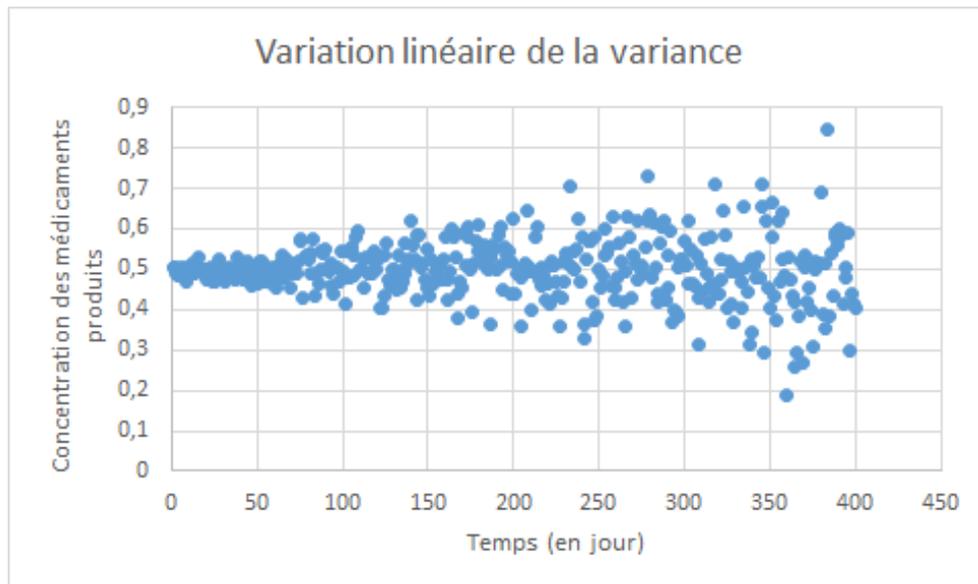
$$s^2 = at + C^{ste} \text{ avec } a = 0$$

Si la quantité de principe actif mesurée est homoscédastique par rapport au temps, on constatera que toutes les valeurs sont comprises dans une marge sur l'erreur, comme ci-dessous :

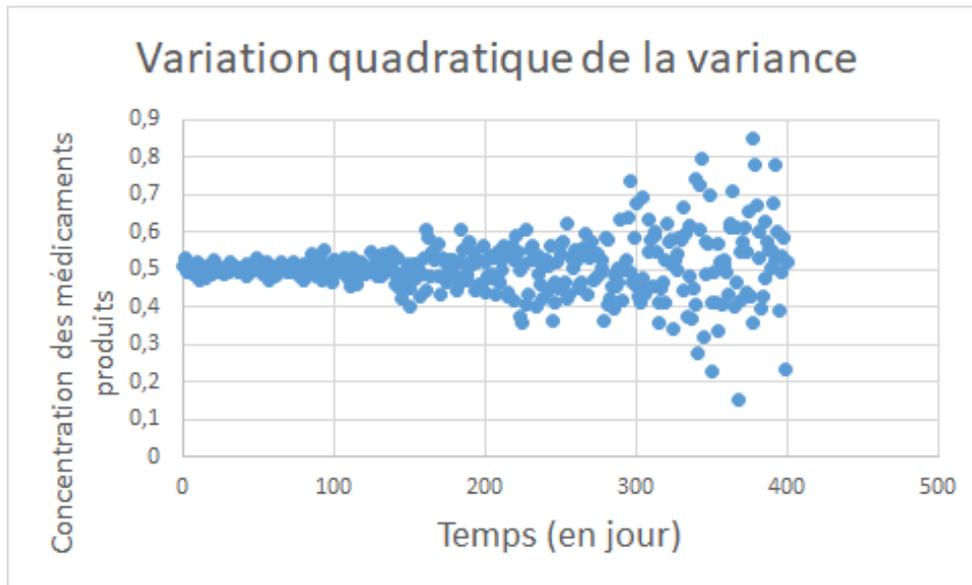


Graphique 8 : Exemple de variance constante au cours du temps

En revanche, si une relation apparaît entre la variance et le temps (ce qui fait apparaître une hétéroscédasticité), on pourra observer des modèles similaires à ceux présentés dans ces schémas :



Graphique 9 : Exemple de variation linéaire de la variance



Graphique 10 : Exemple de variation quadratique de la variance

Les schémas ci-dessus représentent des relations simples, mais les possibilités de relations entre la variance de l'erreur et (ici) le temps sont illimitées. L'hétéroscédasticité peut donc être proportionnelle ou non en fonction des cas, ce qui explique la grande variété de tests permettant de la détecter.

Chaque test ne peut que prendre en approche une seule relation entre la variance et le temps (linéaire, quadratique, logarithmique...) et dire si cette relation est envisageable ou non. La possibilité de faux négatifs est donc élevée, car si l'hétéroscédasticité existe sous la forme d'une relation quadratique, un test linéaire se révélera négatif : "Il n'existe pas de relation linéaire entre la variance et le temps." Cela ne signifie pas pour autant que l'hétéroscédasticité est absente : seulement que le test linéaire ne peut la détecter. C'est pour cette raison qu'il faut toujours effectuer plusieurs tests différents afin d'obtenir un résultat plus fiable.

Tout test considère comme hypothèse nulle que la variance est constante, autrement dit :

$$H_0 : \text{Var}(\epsilon_i | x_{1,i}, x_{-2,i}, \dots, x_{k-1,i}) = \sigma^2$$

Voici une liste des tests les plus récurrents :

B.2. Test de Park

Ce test considère que la variance et le temps sont liés par la relation suivante :

$$\sigma^2(i) = \sigma^2 t(i)^\beta e^{\nu(i)}$$

Le test de Park émet l'hypothèse que les coefficients $\nu(i)$ seuls n'ont pas d'influence sur la nature d'homoscédasticité ou d'hétéroscédasticité des mesures, et que donc seul le facteur $t(i)^\beta$ définit si la série de mesures est homoscédastique ou hétéroscédastique.

L'hypothèse nulle (H_0) est la suivante : " $\beta = 0$, i.e. la série de mesures est homoscédastique"

Le test s'effectue de la manière suivante :

1. Régression linéaire des données mesurées en fonction du temps
2. Calcul de la série des écarts au carré $e(i)^2$ (les écarts pour chaque mesure $e(i)$ sont mis sous la forme $e(i) = e^{\nu(i)}$ où chaque $\nu(i)$ est un exposant spécifique)
3. Régression linéaire de $\ln(e(i)^2)$ par rapport à $\ln(t(i))$ de sorte à obtenir une équation de la forme : $\ln(\sigma_i^2) = \ln(\sigma^2) + \beta \ln(t_i)$

L'hypothèse H0 est acceptée si le paramètre est considéré statistiquement nul.

Exemple d'application du test de Park

B.3. Test de Glejser

Le test de Glejser est une variante plus complexe du test de Park, qui considère deux facteurs β_1 et β_2 en fonction de six équations possibles et considère l'hypothèse nulle H0 : " $\beta_2 = 0$, i.e. la série de mesures est homoscédastique". Le protocole de ce test est le suivant :

1. Estimer la régression linéaire des données mesurées en fonction du temps à l'aide de la méthode des moindres carrés ordinaire et trouver les écarts résiduels e_i
2. Effectuer la régression linéaire de la valeur absolue $|e_i|$ en fonction de $f(t_i)$ avec f la fonction identité, racine carrée, inverse.. pour obtenir les équations suivantes :

- $|e_i| = \beta_1 + \beta_2 t_i + \nu_i$
- $|e_i| = \beta_1 + \beta_2 \sqrt{t_i} + \nu_i$
- $|e_i| = \beta_1 + \beta_2 \frac{1}{t_i} + \nu_i$
- $|e_i| = \beta_1 + \beta_2 \frac{1}{\sqrt{t_i}} + \nu_i$
- $|e_i| = \sqrt{\beta_1 + \beta_2 t_i} + \nu_i$
- $|e_i| = \sqrt{\beta_1 + \beta_2 t_i^2} + \nu_i$

3. Sélectionner l'équation avec le R2 le plus grand et l'erreur standard la plus petite to represent heteroscedastici.
4. Réaliser un test-t sur le β_2 de l'équation sélectionnée.
5. Si ν_i est statistiquement significatif il faut rejeter H0, i.e. la série de mesures est hétéroscédastique.

B.4. Test de Goldfeld-Quant

Ce test cherche à vérifier s'il existe une relation quadratique entre la variance et le temps de la forme :

$$Var(\epsilon_i) = \sigma_i^2 = \sigma^2 t_i^2$$

L'hypothèse nulle est la suivante : H0 : $\forall_i, \sigma_i^2 = \sigma^2$

Le test procède de la manière suivante :

1. Les mesures sont ordonnées en fonction des t_i croissants (si ce n'est pas déjà le cas)
2. On néglige un nombre arbitraire de mesures au centre (généralement, ce nombre vaut un cinquième du nombre total de mesures, soit $c = n/5$). Les mesures restantes sont séparées en deux groupes de mesures consécutives possédant chacun $(n-c)/2$ mesures.
3. Chaque groupe de données est traité par une méthode des moindres carrés ordinaires (MCO).
4. On calcule les variances résiduelles pour chaque régression, RSS1 et RSS2, où RSS1 est par convention la variance correspondant aux mesures pour les plus faibles t_i .
5. On définit et calcule la variable g suivante :

$$g = \frac{RSS2 / (\frac{n-c}{2} - k)}{RSS1 / (\frac{n-c}{2} - k)}$$

Sachant que k vaut 1 plus le nombre de variables explicatives. Ici la variable explicative est le temps, donc $k = 2$.

g suit une loi de Fisher de paramètres $(\frac{n-c}{2} - k; \frac{n-c}{2} - k)$; la valeur tabulée g_α est lue pour un risque α tel que $P(F \leq g_\alpha) = 1 - \alpha$. H_0 est valide si $g \leq g_\alpha$

Exemple d'application du test de Goldfeld-Quant

B.5. Autres tests

Pour ceux qui sont intéressés, il existe d'autres tests pour des cas plus complexes. Par exemple, les tests de Breusch-Pagan-Godfrey ou de White sont très puissants : ils permettent de déterminer si un paramètre recherché (ici, le temps) cause une hétéroscédasticité ou non, tout en prenant en compte la possibilité que la dérive soit causée par plus d'un seul paramètre.

Dans le cas du dosage d'un médicament, on postule que le temps est le seul paramètre générant la dérive : ces tests ne sont donc pas nécessaires pour approcher notre problème.

Il existe également les tests de Durbin-Watson et de Breusch-Godfrey, qui permettent de vérifier la présence ou non d'une autocorrélation, c'est à dire de vérifier si l'erreur sur une mesure a un impact sur les mesures suivantes.

C. Comment traiter un cas de dérive temporelle ?

Lorsque la dérive dans le temps n'est pas négligeable, il est nécessaire de traiter la série de données. Soit l'hétéroscédasticité reflète un problème dans le processus de production, et il est alors inutile de poursuivre l'analyse statistique, soit elle n'est pas représentative du contenu réel des médicaments et il faut alors appliquer des méthodes de correction pour pouvoir continuer l'analyse statistique.

Considérons une série de données hétéroscédastique en fonction du temps : le but est de recréer une nouvelle série de données qui, cette fois-ci, respecte l'homoscédasticité visée.

Ce but est atteint en appliquant à la série de données des fonctions non linéaires (logarithme, quadratique, exponentielle...) qui la transformeront de sorte à réduire l'hétéroscédasticité. Une autre possibilité, lorsqu'il s'agit de considérer plusieurs séries de données ayant été mesurées en même temps dans les mêmes conditions, consiste à multiplier chaque point de chaque série de donnée par l'inverse de l'écart-type à chaque instant mesuré.

Une fois que la série de données transformée respecte les hypothèses nécessaires, elle peut être traitée par les tests classiques.

Cas concrets

-  Exemple 1 courant : cas du paracétamol (Doliprane, Efferalgan, Dafalgan)
-  Exemple 2 : production d'un médicament rare : cas de la capécitabine (Xeloda)
-  Exemple 3 intermédiaire : cas de l'oxomémazine (Toplexil, Humex toux sèche, Oxomémazine Mylan)

Annexes

Vous trouverez dans cette section la bibliographie, les exemples d'application directe de chaque parties du cours, l'explication de chaque test ainsi que les tables des tests utilisés. *Cependant tout ce qui est présent ici est accessible via des liens placés intelligemment aux endroits où on en a besoin.*

 Plan et Tutoriel

 Bibliographie

Tables:

 Table de Cochran

 Table de Grubbs

 Table de Dixon

 Table de Rosner

 Table de Student test T unilatéral

 Table test Z unilatéral

 Table test de Fisher unilatéral

 Table de Kolmogorov-Smirnov

 Tables d'estimation du nombre d'échantillon à tester

Tests:

 Test de Cochran

 Test de Grubbs

 Test de Dixon

 Test de Rosner

 Test T

 Test Z

 Test F

 Test de Kolmogorov-Smirnov

 Test d'Anderson-Darling

 Test de Park

 Test de Glejser

 Test de Goldfeld-Quant

Exemples d'application des tests :

 Exemple d'application du test de Grubbs

 Exemple d'application du test de Dixon

 Exemple d'application du test de Rosner

 Exemple d'application dans le cas d'une erreur systématique

 Exemple test de la fiabilité des laboratoires

 Exemple taille de l'échantillon 1

 Exemple taille de l'échantillon 2

 Exemple d'application du test de Park

 Exemple d'application du test de Goldfeld-Quant

Valeurs utilisées dans les tests :

 Valeurs du test de la méthode de référence exemple 3

 Valeurs Exemple 1

 Valeurs Exemple 2

 Valeurs Exemple 3

 Documentation Moodle pour cette page

Connecté sous le nom « Pierre-Vincent Quere » (Déconnexion)

Accueil



100 tutoriels pour Moodle : formation en vidéo

5.5 Menus du compte-rendu final du PER

SOMMAIRE
Caractérisation de l'échantillon
Fiabilité des méthodes
Altérité aux conditions optimales
Cas concrets

FICHES TESTS
Test Z
Test T
Test F
Test de Cochran
Test de Grubbs
Test de Dixon
Test de Rosner
Test d'Anderson Darling
Test de Kolmogorov-Smirnov
Test de Park
Test de Glejser
Test de Goldfeld-Quant

BIBLIOGRAPHIE
Bibliographie

TABLES
Table de Student test T
Table Test Z
Table Test F
Table de Cochran
Table de Grubbs
Table de Dixon
Table de Rosner
Tables du nombre d'échantillon à tester
Table de Kolmogorov-Smirnov

5.6 Grille d'évaluation du PER

BAREME DES PROJETS

ITEM	NOTE	Critères d'évaluation
Gestion de projet	/4pts	<ul style="list-style-type: none">• Planification (outils utilisés, respects des deadlines)• Répartitions des tâches (démarche collaborative ou coopérative)• Communication (interne, externe)• Qualité des échanges avec l'enseignant
Aspect informationnelle	/3pts	<ul style="list-style-type: none">• Choix de contenu pertinent au regard des objectifs• Respect du droit d'auteur (règles bibliographique, citations)• Choix des licences
Aspect médiatique	/4pts	<ul style="list-style-type: none">• Savoir communiquer à travers différents supports (variétés des supports)• Choix des supports adaptés• Mise en forme des contenus pour un usage actif (ex cours : favorise l'engagement de l'étudiant)• Respect du droit à l'image (autorisations de diffusion)
Aspects techniques	/3 pts	<ul style="list-style-type: none">• Respect des règles d'ergonomie<ul style="list-style-type: none">○ Sobriété○ Lisibilité○ Accessibilité• Qualité des illustrations (photos, vidéos)
Présentation orale	/4 pts	<ul style="list-style-type: none">• Clarté, fluidité• Qualité des supports• Répartition de la parole• Interactions avec le public
Note individuelle	2/pts	

Note globale :

/20pts

Feedback général :

5.7 Procédure de tests, cours de chimiométrie

Chapitre 3 2- Approche statistique

Procédure

1. Formuler clairement la question
2. Choisir le test approprié
3. Choisir le **risque α** = probabilité de rejeter l'hypothèse nulle quand celle-ci est vraie.
Généralement $\alpha = 0,01$ ou $0,05$
4. Poser les hypothèses (2 types)
 - l'**hypothèse nulle**, H_0 , = toujours hypothèse de non – différence
= négation d'un effet ou d'une différence mesurée par l'expérimentateur
 - l'existence d'un effet ou d'une différence est appelée **hypothèse alternative** (ou contre hypothèse), H_1 .
5. Calcul du test statistique (valeur de la variable t, z ou F)
6. Comparaison de la variable statistique calculée à la valeur théorique tabulée pour le risque choisi
7. Prise de décision

Chapitre 3 2- Approche statistique

2 types de test

- Test *bilatéral* (two-sided-test, t-s-t)
- Test *unilatéral* (one-sided-test, o-s-t)

Exemple : comparaison des moyennes de 2 échantillons indépendants

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

Question : les 2 moyennes sont elles différentes ?

➔ $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$: test **bilatéral**

Question : la moyenne de l'échantillon 1 est elle inférieure à celle de l'échantillon 2 ?

➔ $H_1 : \mu_1 < \mu_2$: test **unilatéral**

5.8 Transcription de l'entretien avec Romuald

Entretien avec Romuald
11 juin 2018 - 11h

Partie 1 - Présentation personnelle

00:46 [Après ton nom et prénom, si tu pouvais décrire ton poste etc. ?](#)

00:54 Romuald, Prof à l'[ECOLEROMUALD] depuis **1999**. Donc je suis de **formation universitaire** : cursus de **chimie puis chimie informatique et théorique en DEA**, poursuivi par une **thèse en chimie théorique appliquée**. J'ai travaillé un peu ensuite en Allemagne en programmation et j'ai été nommé en 1999 à l'école pour dispenser essentiellement des enseignements de chimie théorique et d'informatique.

À mon arrivée on m'a demandé de dispenser les enseignements de chimiométrie. Donc en 1999... "Chimiométrie" je ne savais pas ce que c'était puisque moi **j'ai fait une prépa**, à l'époque y'avait pas de stats, et après je suis arrivé à la fac... donc voilà...

Donc je m'y suis mis. Un peu difficilement quand-même et il se trouve que...

02:00 [A partir de quelle ressource ?](#)

02:03 J'ai récupéré un cours du collègue et après avec des bouquins. Et alors, il se trouve que y'avait un thésard en difficulté dans l'équipe dans laquelle je travaillais. Qui ne travaillait pas avec moi, mais on m'a demandé de m'impliquer sur son projet qui était un projet plutôt de **simulation, modélisation de propriétés physiques de molécules** un peu spécifiques pour des propriétés tensio-actives. Donc je m'y suis impliqué et au cours de la thèse, on a eu une **interaction forte avec des pharmaciens** et on s'est intéressé à l'études des relations structure-activité pour une série de molécules. Et dans ce cadre là, j'ai eu aussi **besoin de stats**, donc ça tombait assez bien parce que j'avais démarré sur les cours, ça m'a permis d'**aborder les stats par la partie recherche** ce qui m'a permis d'**approfondir plus facilement**... Et j'ai travaillé pas mal sur les **réseaux de neurones artificiels** donc un peu classiques et puis les **modèles bayésiens**. On a fait un papier d'ailleurs là-dessus...

Et donc petit à petit ce cours, il était en 3ème année de cycle ingénieur, il est passé en 2ème année, et enfin en 1ère année...

03:44 [Depuis combien de temps il est en 1ère année à peu près ?](#)

03:46 Depuis dix ans au moins... Dix douze ans... Donc c'est un cours qui est en 2 parties : une première partie très maths, très **formalisme**, qui est assurée par [DW], et une partie **appliquée**, donc vraiment chimiométrie pour le coup, que je dispense. Avec un objectif qui est vraiment de démontrer **"Pourquoi il est important de mettre en oeuvre des méthodes statistiques dans l'industrie en chimie ? Et comment on peut le faire simplement ?"**

Donc ce cours il est complété par un cours en troisième année d'analyse et gestion de données qui est une espèce de cours de **chimiométrie avancée** qui en trois parties : une partie sur la régression où on voit vraiment tous les outils liés à la régression, une deuxième partie sur les réseaux de neurones artificiels et une dernière partie sur l'analyse de données donc les méthodes exploratoires type "analyse discriminante", "analyse en composante principale", tout de qui est "Visualisation de groupes dendrogramme", "Méthode des moyennes", enfin bref... Voilà...

Partie 2- L'encadrement du PER

05:05 [On pourra peut-être en parler un petit peu sur la fin mais, de l'évolution par rapport à la nouvelle spécialité "Chimie et numérique"... Comment tu vois évoluer ça... Mais on pourra en parler une fois qu'on aura évoqué le projet ?](#)

05:19 Oui oui...

05:21 A propos ce de projet : est-ce que tu en avais déjà encadré, qu'est-ce que tu as observé comme différence, et on pourra parler des point positifs, négatifs, des points à améliorer si on voulait pérenniser ce genre de choses...

05:40 Alors, je vais quand-même anticiper un peu sur la fin... dans le cadre de l'évolution de nos programmes (alors cette évolution elle consiste à introduire plus d'usage du numérique dans la formation... c'est lié à un **constat qui a été fait auprès des entreprises qui à montré l'importance croissante du numérique, au sens large**. Tout ce qui est "outils d'interface", tout ce qui est "analyse et gestion de données", "exploitation des bases de données qui sont présentes dans les entreprises". Dans ce cadre-là on a souhaité commencer à réfléchir sur les travaux pratiques de première année du cycle ingénieur. Comment introduire un peu toutes ces problématiques-là ? Alors y'a la problématique "**connectique**" qu'on n'aborde pas vraiment mais qui est... tout ce qui est **outils automatisés** type Arduino, type interfaces bluetooth, enfin tous ces aspects-là. Et puis comment récupérer des données sur un outil de type smartphone, ordinateur, enfin directement pour pouvoir les exploiter.

Y'avait une autre partie c'était plus **systématiser un peu l'approche statistique** lorsqu'on traite un résultat : un chimiste organicien lorsqu'il fait une manip, il calcule un rendement ; il faut le sensibiliser à ces aspects-là.

Donc j'avais proposé l'**année passée un projet TICE qui était un peu dans cet esprit-là** c'est-à-dire essayer d'introduire plus de stats dans les TP de première année. Une première étape ça été de (donc j'ai travaillé avec un groupe de 7-8 élèves) **recenser un peu tout ce qui se faisait dans les TP** : chimie organique, chimie minérale, chimie analytique, automatisme, etc. **De voir quels étaient les questions qui se posaient déjà sur les stats**. Et voir comment on pouvait introduire ça dans les travaux pratiques à l'avenir. Euh... Ça a été un peu laborieux, parce que les élèves n'ont pas... **j'ai pas réussi réellement à leur faire comprendre que ce qui m'intéressait c'était plus l'introduction des stats dans les TP alors que pour eux c'était un projet TICE...** donc comment ils pouvaient construire un projet qui allie les nouvelles technologies de l'Information et de la Comm autour des stats dans les TP.

Ce qu'ils ont faits, c'est qu'ils ont identifié quelques manip, on a fait ça ensemble. Ça a déjà été très laborieux parce que je me suis rendu compte que dans l'**approche statistique ce qu'on pouvait trouver dans les TP, y avait de choses qui étaient très différentes, suivant les collègues**. Et ensuite ils sont restés collés à la production, du côté TICE.

En plus, dans la façon d'encadrer le projet, j'ai été... ça s'est calé un peu au fil de l'eau, ce qui fait que j'ai vu des groupes **tous les 10-15 jours peut-être, mais jamais en entier**. Je voyais quelquefois un responsable, le responsable avec plutôt le responsable de la partie info... ou plutôt avec quelqu'un qui se concentrait par exemple pour les TP de chimie analytiques, ou une manip...

10:02 Y'avait pas de cohésion...

10:03 Nan, c'était pas, c'était pas très... Donc c'était une première ! **C'était la première fois que je proposais un sujet**, mais c'est là que je me suis rendu compte qu'il fallait revoir un peu l'approche.

10:17 Donc ça c'est la grosse différence que t'as relevée c'est l'encadrement ?

10:21 Oui, c'est ce qu'on a vu ensemble, c'est-dire l'idée de **fixer dès le début un calendrier**, et des réunions avec les élèves, **avec tous** parce qu'en fait on ne peut pas caler des choses au fil de l'eau avec un groupe de 8. Avec 2 ou 3 c'est peut-être faisable, mais... Donc effectivement, **ça c'était un point important...**

10:46 A choisir entre les deux fonctionnement, toi ?...

10:51 Ah, je ne reviens pas en arrière ! Alors peut-être qu'on peut être moins... Il est **peut-être moins nécessaire de se voir régulièrement, mais il faudrait à ce moment-là que je sois**

plus présent sur une plateforme d'échange de type moodle... mais c'est aussi un confort, pour moi ! De dire, "On se voit 1 heure, 1h et demie, 2 heures"...

11:19 Ça déborde pas...

11:20 Voilà !

11:21 Et au niveau du fonctionnement, le fait qu'on soit partis d'un questionnaire initial, qu'est-ce que toi ça t'a apporté ? parce que ça n'avait pas été le cas j'imagine auparavant...

11:37 Oui mais c'est peut-être à cause de ça que ça n'a pas bien marché ! Donc là...

11:41 L'importance de bien poser un questionnaire au départ ?

11:43 Eh oui... Mais c'est pourtant ce que je fais un peu en cours ! Et j'avais pas réussi à le faire l'année dernière. Alors que cette année, **ça a mis un peu de temps, mais ça s'est passé beaucoup mieux.**

12:08 Qu'est-ce que d'après toi ça a pu apporter aux étudiants ?

12:20 Alors, pour le fonctionnement en lui-même, ce qui est bien c'est que c'est une vraie gestion de projet... ouais, là c'est un vrai projet parce qu'il a fallu... ils ont bien joué le jeu de **définir des leaders, des rôles** pour chacun. On avait deux **chefs de projet qui ont réussi à animer les groupes.** Donc de ce point de vue là, ça a bien fonctionné.

Du point de vue de la connaissance statistique, c'est **clair qu'ils ont fait des progrès !** C'est clair. On le voit par la qualité du travail. Ils ont travaillé en fait... ils ont travaillé d'une autre manière un sujet, et certainement beaucoup plus. Il ont fourni beaucoup plus de travail !

13:12 Dans l'encadrement qu'on a fait, le principe était de partir d'une question initiale, puis des sous-questions. Quel est le lien entre ton cours et la subdivision en sous-questions ? Est-ce que tu penses qu'ils ont suivi ton cours ou alors ?

13:42 **Non ! Par contre y'a quasiment tout mon cours !** Je pourrai demain m'inspirer de ce travail-là pour faire un cours complet ! Dans mon cours y'a les **notions fondamentales de distributions qui sont évoquées, là également, les notions de tests, là également, les notions de précision, d'exactitude, c'est évoqué...** tout y est. Je pourrai très bien demain reprendre mon cours et le structurer de cette manière-là.

14:18 C'est plutôt une version extrudée de ton cours ? Ça va plus loin ?

14:29 Eh oui !

14:30 La différence c'est quoi alors ? Sans parler que du contenu ? L'approche peut-être ?

14:42 Ah oui l'approche est différente parce que là, on a toujours une **question initiale qui nous amène d'autres sous questions...** et après comment on peut y répondre... Alors que dans le cours, la **façon "classique"** de le faire c'est I. Les distributions et lois de probabilités ; II. La notion de tests ; III. L'analyse de variance...

15:07 Toi tu t'attendais à avoir tout ça ? Tu t'attendais à plus ? À moins ?

15:08 Non, non non, je ne m'attendais pas à autant. Je **souhaitais** qu'on puisse arriver à quelque chose comme ça, mais **je ne m'attendais pas à autant...** Ils ont bien compris... Je pense qu'on a **réussi à faire passer le message**, on a peut-être eu un peu de chance sur les étudiants, mais... Non non je ne m'attendais pas... **Y'a des tests que je ne connais pas !**

Partie 3 - L'avenir

15:41 Est-ce que tu penses que ce genre de parcours d'étude pourrait remplacer un cours ? Si oui, pourquoi ? Pourrait-on généraliser ce type d'enseignement ? Dès le cycle préparatoire ?

16:12 Y'a le **problème de la taille.** Comment on fait pour transposer cette approche-là à 80 élèves ? Ça, je ne sais pas si on peut...

16:25 On a vu que le fait d'avoir deux encadrants ça peut être un bon système pour travailler avec plus de monde ?

16:39 La deuxième chose c'est qu'ils avaient quand-même une base de stats. Aurai-ils été capables de faire aussi bien, sans ces bases-là, je ne sais pas ?

16:54 Justement, le curseur il est où entre cours classique et projet de ce type ?

17:06 Je pense qu'il faut un début de cours, pas quelque chose de complet. Pour faire passer quelques notions, après on peut envisager un projet comme ça et on fait un retour derrière pour être sûr que ce soit acquis.

17:28 Et toi qui bosses un peu en cycle préparatoire, tu penses que c'est jouable aussi ? Sur des notions que tu enseignes en prépa ?

17:36 Alors... Je ne sais pas... Par contre, je vais le faire en cycle ingénieur l'année prochaine ! C'est-à-dire que je reprends tout ce qui est chimie théorique et atomistique en cycle ingénieur. Le laisse tomber le cycle préparatoire. Mais par contre, je vais structurer tous mes cours avec en gros, un temps, des notions de base (1/2 heure, 40 minutes maximum), 1/2 heure d'exos et 1/4 d'heure de retour. Donc là, je suis en train de réfléchir à (je ne sais pas combien il y a de cours, il doit y en avoir une douzaine) structurer un cours complet sur cet objectif, parce que je me rends compte que, pour des raisons de concentrations, etc. c'est fini les successions de cours et exercices ! Et peut-être traiter des problèmes en fin de...

Alors en cycle préparatoire, je ne sais pas... est-ce qu'ils ont la maturité ? Ils ont le niveaux, pour certains, c'est sûr ! Ils ont aussi les capacités de travail, donc ça pourrait s'adapter... faudrait faire des essais...

19:24 Comment pense-tu qu'on puisse évaluer ce type de projet en cas de généralisation dans le cursus ?

19:40 On peut très bien évaluer, si on intègre ça dans l'enseignement, on peut très bien évaluer comme on évalue le reste, c'est-à-dire... Enfin, y'a un rendu puis un examen derrière... Y'a une note globale qui tient compte du projet...

C'est clair que là, moi si je fais un examen, je m'attends à avoir des choses meilleures. C'est sûr ! Mais l'évaluation du projet en lui-même, ça je ne sais pas... j'ai pas réfléchi...

20:17 Et ton investissement, tu penses qu'il est plus important ou moins important que pour un cours ? Il est différent ?

20:42 Il est surement un peu plus important... Après y'a quelque chose que j'ai apprécié c'est le fait de travailler à deux, parce que ça crée quand-même un peu... on se pose un peu plus de questions et ça permet de mieux cadrer les choses. Et puis ça crée une émulation. C'est toujours pareil, on parle toujours de l'émulation dans les groupes d'élèves, mais l'émulation dans les équipes pédagogiques, c'est important ! Et ça, je sens que c'est un point sur lequel il faut réfléchir parce qu'on fait nos petits trucs dans notre coin.. On ne se pose pas toutes les questions qu'on devrait...

21:43 Est-ce que toi tu penses réutiliser les fruits de cette expérience en terme de contenus que de fonctionnement ?

21:52 Moi je me rends compte qu'en cycle ingénieur l'approche cours vraiment classique, on commence à en atteindre les limites. Donc ça fait quelques mois que je réfléchis à faire évoluer les choses. Par contre, il faut y consacrer du temps et quand t'es enseignant-chercheur, le temps souvent, tu le consacres à la recherche, plus qu'à l'enseignement. Souvent. Et donc j'avoue que j'ai souvent remis... voilà... le temps que j'ai je le mets à la recherche. Là, je profite vraiment de ce qui va se passer : j'ai deux nouveaux cours que je vais mettre en place (je vais faire ça, hein, sur la plage, au soleil je pense...)

22:49 Le fait que ça parte de zéro...

22:50 Le fait que ça parte de zéro, je profite. Alors y'a un cours que je fais évoluer, c'est en troisième année, c'est le cours d'analyse et gestion de données que je dispense déjà mais que

je vais faire évoluer sous une forme entièrement en salle, devant un ordi. Sous le format "Des notions de base/une mise en application avec des groupes d'une quinzaine" donc ça c'est un cours que je vais faire évoluer.

23:13 [Mise en application hors cours, alors ?](#)

23:15 Alors, non, il y a une partie en direct, et puis y'aura des parties hors-cours, exos... donc ça sur des stats.

23:23 [Pas spécialement, sous forme de projets comme ça ?](#)

23:28 **Il va y avoir une partie projet. Mais je ne sais pas encore. Ça va dépendre un peu du profil des étudiants parce que la partie "projet" dans le module de numérique elle va dépendre du projet professionnel de l'étudiant, donc si on a quelqu'un qui veut faire de la modélisation, il va faire de l'utilisation de logiciels ; par contre, si on a quelqu'un qui est un peu je sais pas moi, sur de la formulation, ou sur l'environnement, on va aller exploiter des bases de données, et là on va pouvoir mettre en pratique toutes les notions vues...**

Alors la partie projet, ça m'a fait réfléchir sur ce que j'ai fait déjà. Par exemple, ce qu'on fait en CPI. Alors j'en ai pas fait cette année mais, le fait d'être présent, être très présent avec les étudiants, c'est un point positif mais c'est pas forcément si crucial. Il faut bien cadrer les choses... moi j'avais tendance à leur dire "écoutez, moi vous pouvez m'écrire quand vous voulez !", mais c'est pas très bon !

24:37 [Finalement, est-ce que tu penses que la structure-même du questionnement, le fait de partir d'une question initiale sur laquelle tu avais passé du temps \(enfin elle venait de loin\), et après tu imaginais derrière qu'il allait y avoir des sous-questions, est-ce que c'est pas cette structure qui génère une espèce d'obligation de résultat intermédiaire et donc d'avancement des groupes ? L'idée d'un tel projet est de les mener sur un réel parcours de recherche sur lequel tu poses les jalons nécessaires... Autrement dit, si on arrive à faire intégrer ça de manière consciente à l'enseignant qui encadre, penses-tu que cela va jouer sur la structure ? \(car on peut très bien faire un encadrement très suivi sans question génératrice...\)](#)

26:27 Ouais, mais là, **l'avantage justement c'est que, toi, c'est ce que j'ai remarqué, tu ramènes toujours à la question. Et c'est important ! C'est important de se rappeler pourquoi on fait ce projet et surtout à l'élève pourquoi il fait ce projet !** Parce que ça le ramène à des choses... ça permet de **le cadrer** quand-même.

Ce que j'ai vu l'année passée c'est que quelques fois ils se perdaient sur des bricoles. Ça part dans tous les sens et l'élève et va se perdre dans des détails en fait.

Par contre, il faut quand-même avoir bien réfléchi avant mais la réflexion elle peut se faire avec le groupe comme on a fait. La question ! Il faut bien cadrer aussi les sous-questions.

27:17 [Après y'en a qui se sont éliminées d'elles-mêmes...](#)

27:20 Et ensuite, une fois que le problème est bien cadré, je pense que ça va... donc c'est vraiment le lancement qui est... où je pense qu'il faut être très présent.

27:34 [Le reste du suivi va être plus naturel après...](#)

27:36 Ouais... Il faut être présent dans l'accompagnement... Après dans toutes ces histoires de projet... Quelles sont les compétences acquises par tous ? Ça, y'a toujours ce problème-là... Mais **si on couple ça à une évaluation plus classique, on peut avoir une idée...**

28:05 [Ça va être intéressant de voir ce que les étudiants ont pensé du projet, je te filerai les résultats...](#)

28:14 Moi je pense, qu'ils vont avoir un retour positif...

28:18 [Ah oui, c'est positif... En terme quantité déjà... Maintenant je vais analyser les commentaires...](#)

28:28 Et au niveau évaluation du temps ?

28:30 J'ai pas demandé combien de temps ils ont consacré au global. Il faudra voir séance par séance...

28:42 C'est très positif ! C'est très positif, ça nous... **ça fait vachement réfléchir en fait...** Et ce qui est intéressant, c'est que, mais on va peut-être en discuter demain, je ne sais pas... à la journée pédagogique, **on nous demande de faire du projet depuis des années, on nous a jamais jamais expliqué.** C'est un peu moi qui suis à l'origine de la journée de demain. À un moment donné on dit "Va falloir nous former"... on nous dit "faites du projet" mais on nous a jamais dit comment le faire. Et tu vois, après moi j'ai fait des projets informatiques mais des choses un peu classiques. Y'avait des projets, un peu MuPAD machin, mais c'est assez technique, c'est assez spécifique. Mais **un projet vraiment dans le cadre d'un cours, c'est la première fois que je me dis "ah, oui finalement, c'est intéressant ! On peut en tirer quelque chose et on peut quand-même aborder un panel important de notions..."**

29:37 Parce que la crainte c'est ça ?

29:42 Nan, la crainte c'est que tu n'abordes qu'une partie. Que **les élèves n'abordent qu'une partie.** Ce qu'on voit souvent, moi ce dont j'ai entendu parler c'est en gros, le prof démarre, tu fais une présentation de la matière. Une, deux, enfin quelques séances et ensuite dans les sous-parties, c'est traité par les élèves, mais qui font une restitution à ensemble... avec quelle qualité ? on ne sait pas trop... **Si on veut que la qualité soit au rendez-vous, en terme d'investissement,** là c'est lourd !

30:28 Et là les étudiants s'y sont mis parce que c'était un peu exceptionnel. Mais peut-être que si ça se généralise...

30:49 Oui, c'est sûr... **La multiplication des projets pose problème...** mais là si on regarde, **on a passé 5-6 séances, bon, si on veut faire ça avec tous les élèves, est-ce qu'on est capables de faire le cours, la même chose en aussi peu de temps ? Je ne sais pas...**

31:39 Tu veux dire, amputer un peu les heures de cours pour faire ce type de projets ?

31:45 Là encore, à 80, je ne sais pas comment faire...

32:06 Et pour l'évolution de vos projets TICE à l'école ?

32:08 On les fait évoluer pour moitié dans un premier temps. Parce que l'objectif de ces projets c'était de familiariser les élèves avec ces outils-là... bon maintenant, ils sont familiarisés... Donc y'a plus besoin, enfin y'a beaucoup moins besoin. Donc l'idée c'est de revoir l'objectif, faire travailler les élèves (pas tous mais une partie d'entre eux) sur "comment aller chercher de l'information efficacement ?". Parce que y'a une source d'information...

32:52 Effectivement, ça semble déjà ressortir des questionnaires...

33:05 Y'a "Comment s'assurer de la fiabilité de l'information ?" Et on va faire quelques projets sur tout ce qui est "fake news", plus tourné scientifique quoi...

33:22 Ça sera pas forcément dirigé vers un cours ?

33:24 Non, mais ça sera une question. Ou un problème. Ou une affirmation. Ça va être une fake news, qui va porter, j'en sais rien, on peut dire "la mémoire de l'eau" par exemple, le fameux truc de Benveniste. Et puis, ils travaillent dessus. Mais dans le cheminement, y aura des similarités...

33:47 L'idée c'est quand-même de garder un peu ça...

33:49 Oui. Oui oui. Mais on va commencer doucement... Faire des sites avec les cours... faut reconnaître qu'on trouve quand même pas mal de chose sur le net... très bien faits.. Quel intérêt ?

34:12 Bon, je crois qu'on a fait le tour...

[fin de l'entretien]