

TSE101 - Partie introductive

Philippe Ciblat

Telecom Paris, Institut Polytechnique de Paris



- Jean-Samuel Beuscart:
 - doctorat en sociologie (2006)
 - professeur au département « SES »
 - recherche en sociologie du numérique, sociologie des marchés, articulation transition numérique et transition écologique
- Philippe Ciblat:
 - ingénieur TP (1996), doctorat en traitement du signal (2000)
 - professeur au département « IDS »
 - recherche en réseaux de télécommunications (xG, SatCom, ad hoc), optimisation non-convexe, théorie des graphes, ...
 - membre d'Ecoinfo (CNRS)
- Alban Ouahab:
 - doctorat en sciences de gestion (2019)
 - maître de conférences au département « SES »
 - recherche en innovation sociale, formes alternatives d'organisation du travail, coopératives

Chargée de cours supplémentaire

- Laura Draetta (SES)

Chargé.es de TD/TP

- Gr A1: Elie Awwad (COMELEC)
- Gr A2: Sébastien Canard (INFRES)
- Gr B1: Philippe Ciblat (IDS)
- Gr B2: Marceau Coupechoux (INFRES)
- Gr C1: Louis Jachiet (INFRES)
- Gr C2: Bertrand Meyer (INFRES)
- Gr D1: Tiphaine Viard (SES)
- Gr D2: Cédric Ware (COMELEC)

Objectifs pédagogiques multiples et complémentaires

- Connaissances scientifiques sur le Climat et le système-Terre
- Chiffres précis et notions cruciales (à utiliser à bon escient)
 - ↳ permettant de naviguer avec aisance et exactitude dans ce domaine
- Utilité de vos études sur l'analyse du changement climatique et la capacité à agir dessus
- Réflexion sur votre parcours d'ingénieur et l'impact de vos technologies

Remarque: ce cours n'est pas

- orthogonal aux autres cours de l'école
 - lien, par exemple, avec SI101, COM105, MDI220
 - lien, par exemple, avec filières SD-TSIA, Telecom-RIO
- une série de conférences

Comment les sujets se choisissent

- Curiosité des scientifiques
- Effet de mode
- Appel à projets orientant les recherches (étatique ou privée) mais moins structurant que dans le passé (Manhattan, Arpanet, Spoutnik, Cyclades, ...)
- Impacts sociétaux des techniques rarement pris en compte (plutôt, promesse d'applications résolvant des problèmes)

Comment les résultats sont validés

- Articles soumis, ensuite relus et acceptés ou non par les pairs
- Rajoutés au corpus et peuvent être ensuite cités
- Souvent, réponse à une question précise d'un sous-problème

Pour un sous-problème circonscrit: consensus quasi-immédiat

Questionnement plus large sur

- découpage/structuration d'un problème en sous-problèmes
- modèles mathématiques sous-jacentes (et des contraintes)
- caractérisations/définitions de certains phénomènes
- approches de résolution

Résolution par processus itératif de type essai/erreur mais

- Tant que désaccord/connaissance non stabilisée persiste, plusieurs écoles parallèles possibles (et donc controverses)
- néanmoins en technologie, la standardisation ou le marché clôt souvent le débat et induit des contraintes sociotechniques (ex.: 3G/4G, motorisation des voitures)

Exemples sur le découpage

Mathématiques (théorèmes via des lemmes):

- Sous-problème devient un problème en soi indépendant
- Théorème de Fermat via la conjecture de Shimura-Taniyama-Weil

Réseaux de télécommunications (système à construire):

- Sous-couches avec interaction ultra-limitée et maîtrisée
- Sous-optimal mais le système global agglomérant les sous-couches fonctionne
- parfois remise en cause du découpage (autour de 2005)

Sciences du vivant et de l'environnement (système donné/imposé):

- Décomposition pour compréhension et analyse (labo \neq vie)
- Sous-problème non-indépendant mais traité comme tel
- Exemples:
 - Crise climatique: juste un sous-problème de CO₂
 - Agriculture: juste un problème d'alimentation

Modèles de climat:

- prise en compte de nouveaux phénomènes
- ajustement de paramètres
- compromis complexité/interprétabilité

Traitement automatique du langage/*Natural Language Processing*:

- approche grammaticale et sémantique
- approche probabiliste par proximité lexicale

Modèle ou pas modèle?

- model-driven
- data-driven (model-free)

Théorie des graphes:

- pas de définition claire d'une communauté et donc pas de critère absolu

Réseaux de télécommunications:

- qu'est-ce qu'un système efficace énergétiquement ?
 - peu de matériel utilisé?
 - puissance de transmission faible?
 - peu d'algorithmie mise en œuvre?

Comment interpréter les données?

- sont-elles aléatoires (car modèles non connus ou non maîtrisés)
- ou déterministes

Comment interpréter les informations à estimer/détecter?

- déterministe inconnue (vision fréquentiste)
- stochastique avec *a priori* (vision bayésienne)

Cas d'école: sciences de l'écologie

Des écologues viennent de jeter un pavé dans la mare de leur discipline, sous forme d'un manuscrit en cours de publication dans la revue *BMC Biology* et mis en ligne le 4 octobre. Plus de deux cents chercheurs ont analysé exactement les mêmes données pour arriver à des conclusions... différentes, voire parfois opposées.

Dans un lot de 135 analyses, la majorité trouve que plus il y a d'oisillons dans une couvée de mésanges bleues, moins le poids de chacun est grand. Mais la force de la relation entre nombre de petits et poids varie d'un à dix. Dans un autre lot, de 81 analyses, une partie trouve que l'enherbement d'une parcelle nuit à la croissance des eucalyptus, quand une autre partie trouve le contraire. Les trois quarts trouvent que l'occupation des sols par l'herbe n'a pas d'effets.

La recherche en écologie serait-elle à ce point fragile ?

« Depuis plus de dix ans, je m'intéresse à la fiabilité de la littérature scientifique en écologie et biologie de l'évolution, explique Hannah Fraser, copilote de cette expérience inédite à l'université de Melbourne (Australie). On impute souvent la variabilité des résultats au fait que les conditions environnementales ne sont jamais exactement les mêmes. Mais nous voulions savoir à quel point les décisions individuelles dans l'analyse de données peuvent influencer également cette variabilité. »

Cela peut sembler étonnant, mais devant un jeu de données, chaque chercheur fait des choix différents en fonction de ce qui lui paraît pertinent. Il peut, par exemple, ne garder que certaines observations. Dans le cas « mésanges », il y avait des mesures faites dans la nature, mais aussi d'autres, où des oisillons étaient ajoutés ou ôtés par des humains pour étudier l'évolution de la portée.

Ensuite, il faut tenir compte des facteurs susceptibles d'influencer la relation cherchée entre deux variables. Dans le cas « eucalyptus », la distance de la parcelle à un arbre mature susceptible de faire tomber des graines compte évidemment pour estimer les chances de croissance d'un arbre. Sélectionner ces cofacteurs ajoute encore des options.

« Une valeur pédagogique » Enfin, il y a le choix des méthodes statistiques. Une relation linéaire entre deux variables, ou une autre, plus subtile ? Un point de vue fréquentiste ou bayésien (le nom de deux écoles statistiques) ? Quelle version de logiciel pour estimer les paramètres ? Encore des sources de variabilité.

Pour éclairer la situation, les auteurs ont été méthodiques. Deux jeux de données, « mésange » et « eucalyptus », ont été proposés, avec pour chacun une

question précise, jamais étudiée jusque-là. Chaque « analyste » est ensuite devenu relecteur critique du travail des autres, attribuant une note de 0 à 100.

« Je n'ai pas été surpris que tout le monde ne trouve pas la même chose. Mais l'étendue de la variabilité m'a surpris », estime Timothy Parker, copilote de l'expérience, professeur au Whitman College (États-Unis). Autre étonnement, les notes des relecteurs n'ont pas permis d'expliquer les écarts. « L'une des limites de notre article est que les analystes ne sont pas des experts du sujet. Peut-être que la variabilité serait moins grande en leur sein », estime Yoan Fourcade, co-signataire, enseignant-chercheur à l'université Paris-Est Créteil, analyste « eucalyptus ».

L'écologie n'est pas la seule discipline à se poser la question de la reproductibilité. Une célèbre étude publiée en août 2015 avait réanalysé 100 articles en psycho-

Le Monde Laki du 25 oct. 2023.



> 6

<<

v1

Positionnement du corps enseignant

- Neutralité: ne pas influencer un processus ou un débat
 - ↳ choix des connaissances/technologies enseignées
 - ↳ choix des découpages/modèles/définitions/approches
- Impartialité: tenir les différentes parties ou arguments à juste ou égale distance
 - ↳ relativisme des opinions en dehors de faits bien documentés (ex. partisans de la platitude de la Terre ; climatoscepticisme conduisant uniquement à l'adaptation)
- Objectivité: rester aux faits tels qu'ils sont
 - ↳ *restituer les connaissances-clé sans les déformer, esquisser les diverses implications des décisions possibles, construire une connaissance « située » incluant pluralisme des perspectives scientifiques et différents types de savoir*

- 28TH (14 demi-journées ou 42 heures)
- 3TH par semaine en P3 et 1TH par semaine en P4

Plan

- Introduction générale : 1TH
- 1. Systèmes dynamiques et Climat : 9TH
- 2. Numérique et environnement : 4TH
- 3. Systèmes économiques et environnement : 8TH
- 4. Leviers d'action pour la transformation : 4TH
- Examen : 2TH
 - QCM réparties durant le cours
 - analyse de documents sur table

Partie 1: Systèmes dynamiques et Climat (9TH)

1. Système-Terre (3TH)

- 9 limites planétaires et les 17 ODD
- Systèmes dynamiques à boucle fermée, systèmes complexes
- Cycle du carbone, du nitrate et du phosphore, Modèle World3
- *TP1: étude d'un système bouclé avec commande*

2. Climat: physique, passé et futur (5TH)

- Description de quelques phénomènes physiques (rayonnement, albedo, effet de serre, vent, océan, sources d'énergie, etc)
- Histoire du climat et histoire des sciences du climat
- *TP2: analyse de série temporelle paléoclimatique*
- Rapports du GIEC (histoire, conclusion sur le climat futur)
- *TD3: équation de Kaya*

3. Energie et décarbonation (1TH)

- Histoire des énergies, mix énergétique
- Solutions techniques de décarbonation
- Ressources nécessaires

Partie 2: Numérique et environnement (4TH)

- Bilan global (avec exemples pris dans la 5G et l'IA)
- Controverses (sur les bilans, notion de sources fiables, sur les solutions)
- Problématique des matières premières
- Effet de levier : le numérique comme solution ou non (télétravail, conférence hybride, agriculture connectée, ...)
- Effet rebond : exemples de la 5G et de l'IA
- Réglementations : loi climat sur les infrastructures numériques
- *TP5: calcul de bilan carbone de l'informatique de l'école*

Partie 3: Systèmes économiques et environnement (8TH)

1. Fonctionnement du système économique actuel (3TH)
 - Principaux mécanismes faisant fonctionner l'activité économique aujourd'hui (consommation, dette, production, croissance, échanges mondiaux)
 - Notion d'externalités négatives, verrouillage socio-technique, spirale déflationniste
 - *TP4: modèle Meadows*
2. Histoire politique environnementale (2TH)
 - Construction socio-politique des problèmes environnementaux
 - Système institutionnel de protection de l'environnement
3. Théories de la transition (3TH)
 - Techno-solutionnisme
 - Notion de croissance verte, de technologie zombie
 - Notion de sobriété
 - *TD6: un exemple de solution controversée*

1. Usagers/consommateurs (2TH)

- Bilan carbone et geste individuel (ex.: applis de calculs)
- Sociologie de l'action individuelle/collective
- Impact des mobilisations

2. Ingénieurs/salariés (1TH)

- Transformation des organisations et entreprises
- Démarche RSE, innovation sociale et entreprise à impact
- *Etude de cas d'une entreprise écoresponsable*

3. Citoyens (1TH)

- Actions de l'Etat et Politiques Publiques
- Législation nationale et internationale
- Mobilisations et transformations de l'action de l'Etat