Numérique et environnement

The Shift Project – Association Loi 1901, les cotisants sont les membres de l’entreprise. Elle est reconnue par l’exigence de la rigueur scientifique, la missions depuis 2010 est d’éclairer et influencer le débat sur la transition énergétique en Europe.

Think tank qui œuvre en faveur d’une économie post-carbone, notion de double carbone (pic de carbone et neutralisation du carbone)

Les shifters sont les membres du Shift Project qui partagent leurs expériences auprès à la fois d’individus mais aussi d’entreprises.

Télécharger VENSIM : Logiciel de modélisation et de simulation développé par Ventana Systems pour la dynamique des systèmes

Introduction à la dynamique des systèmes (13/05/2025)

Introduction à la pensée systémique

Ce que l’on va interroger : la manière de réfléchir, de regarder et comprendre le monde (la culture, scientifique ou non, la façon d’adresser les problèmes)

Cette culture va modeler ce que l’on voit, ce que l’on étudie, mais aussi ce que l’on ne voit pas, ce que l’on n’étudie pas.

Ce que l’on voit va avoir une conséquence sur les décisions, les projets de transformation menés à bien.

Cela va induire une modification du système, qui va modifier à son tour notre manière de réfléchir.

* Comment pense-t-on ?
* Comment résout-on les problèmes ?

2 façons de penser, de voir les choses :

* Découper le problème en sous-problèmes (approche analytique, scolaire)
  + Focalisation sur les caractéristiques des composantes
* Pensée systémique, qui conserve la vision globale du problème, mais ne divise pas le système en sous-problème : on étudie les interactions entre les différents éléments de notre problème
  + Focalisation sur les interactions des composantes

Quand doit-on utiliser une approche plutôt qu’une autre ?

System Thinking / Pensée systémique (voir les slides théoriques du cours)

Qu’est-ce qu’un système ? Définition sur les slides

Les systèmes complexes ont des caractéristiques que les systèmes simples n’ont pas. Ils sont très différents.

Définition d’un système :

Un système est un ensemble d’éléments interconnectés et organisés de façon cohérente pour atteindre un but.

Un système peut être composé d’autres systèmes et lui-même entrer dans la composition d’encore un autre système.

Ses composantes / sous-composantes sont connectés en réseaux. Le système est régi par de nombreux liens de causes à effets entre ses composantes / sous-composantes.

Il y a une intégrité (wholeness) du système et un ensemble de mécanismes pour la maintenir.

Le système peut être secoué, comprimé, déclenché ou soumis à des forces externes. La façon dont il répond à ces événements le caractérise.

Ce qui nous intéresse c’est aussi **la résilience d’un système** : c’est-à-dire un système performant par rapport aux instabilités.

Types de systèmes (voir la slide de cours)

Consommation d’électricité des systèmes, GAFAM incluses sur les slides du cours

Equilibre dynamique / dynamic equilibrium

Principes :

* Si la somme des flux entrants est égale à la somme des flux sortants, alors le système est à l’équilibre
* Dès que les flux entrants sont supérieurs aux flux sortants, le niveau du stock augmente
* Dès que les flux sortants sont supérieurs aux flux entrants, le niveau du stock diminue

Un stock évolue « lentement » parce que les flux mettent du temps à s’écouler. Les mouvements de stocks fixent le rythme de la dynamique.

Caractéristiques des systèmes complexes adaptatifs : liens de causalités

* Liens de causalité : comment sont connectés les éléments
* Essayer d’identifier les relations qui sont réellement causales : expliquer comment le changement de l’élément A induit le changement de l’élément B

Caractéristiques des systèmes complexes adaptatifs : boucles de rétroaction

* Boucles de rétroaction :
  + Renforçantes : amplifiantes, cercles vertueux ou vicieux, phénomène de cascade, de bulle, d’éclatement
  + Equilibrantes : Résistantes, d’inertie, tend vers un équilibre

20/05/2025

Il faut prendre la chaîne de valeur en amont de l’entreprise pour la production.

Plusieurs scopes :

* Scope 1 :
  + Emissions directes des secteurs
  + Pas de doubles comptes entre secteurs
  + La consolidation globale des résultats est possible
* Scope 2 :
  + Emissions directes et émissions dues à la consommation d’électricité
  + Double-comptes entre le secteur énergie et les autres secteurs
* Scope 3 :
  + Ensemble des émissions directes et indirectes
  + Nombreux doubles-comptes entre secteurs
  + Analyse secteur par secteur, la consolidation globale n’est pas pertinente

Séance du 03/06/2025 :

Bonnes pratiques d’écoconception numérique et de numérique responsable

Atelier pratique #2

* Théorie et pratique sur deux demi-journées
* Eco-concepteurs du numérique, avec challenge

Temesis, ecoconception, RGPD, numérique

Jeu de la vie, jeu de société avec ressources renouvelables et resources finies, sur un plateau (la Terre), et des pions (humains)

Production de ressources et de valeur qui nécessite de l’énergie

En bout de chaîne on peut avoir des produits qui nécessitent de l’énergie

Recyclage qui fait office de boucle rétro-active entre le système productif et les ressources finies.

Enjeux actuels de l’humanité sur l’environnement :

Réchauffement climatique CO2 + GES

Epuisement des ressources

Extinction animale : 80% des insectes ont disparu en 50 ans en Europe

Le numérique est une ressource non renouvelable et en voie d’épuisement

**Le numérique c’est 3 à 4.4% des GES mondiaux 🡪 résultats annoncés supérieurs à l’aéronautique civile.**

Quand on regarde les détails des chiffres, on a uniquement dans les chiffres pris en compte pour l’aéronautique uniquement l’utilisation des avions, pas leur fabrication, ni les infrastructures autour (aéroport, tour de contrôle, Duty Free, etc.). Les lobbys autour de l’aviation sont plus puissants que ceux autour du numérique (pour le moment).

D’ici 2030, on aura sûrement :

* **Plus de blockchain**
* Objets connectés
* Ecrans TV
* Streaming
* Véhicules autonomes
* Intelligence Artificielle
* Mondes virtuels perpétuels

En 2030, + de 10% des GES mondiaux et 20% de la consommation d’électricité

Passage de 2.5% à 6.3% d’utilisation de l’énergie primaire mondiale dans le domaine du numérique entre 2010 et 2025.

Microsoft achète des centrales nucléaires pour faire tourner leur data center IA. (Pennsylvanie)

Amazone annonce l’ouverture de 48 nouveaux data centers dans le monde.

Plusieurs scopes dans les émissions du numérique :

* 1 : Les terminaux des utilisateurs et internautes
  + **L’impact est surtout de ce côté-là, on est à des milliards d’équipements**
  + 60% de la consommation d’énergie
  + 63% des émissions des GES
  + 75% de consommation des ressources
  + 50% d’émissions des déchets
  + 83% de la consommation d’eau
* 2 : Les infrastructures réseaux
  + Les câbles sous la mer
  + Les boîtiers dans la rue
* 3 : Les serveurs de services hébergés dans les data centers

Les lobbys incitent à la consommation pour le scope 1.

A cause de l’IA, le scope 3 prévoit de doubler d’ici 2027.

Augmentation / amélioration des logiciels :

**Obésiciel** : Nécessité computationnelle pour faire tourner la suite Office

Entre Office 97 sur Windows 98 et Office 2019 sur Windows 10, il faut 171 fois plus de RAM, et un processeur 60 fois plus rapide (fréquence d’opération).

Impact du poids moyen d’une page WEB, qui suite notamment l’accessibilité des utilisateurs à du haut débit pour naviguer sur internet :

* A l’époque, on se place sur une page WEB de 14 Ko en 1995
* Aujourd’hui, on se place sur des pages WEB de 2,798 Mo (mai 2025)
* Multiplication par 199, on parle de **gras numérique**

Quand ils font du consulting auprès de clients, ils ne souhaitent pas forcément réduire les pages de 60Mo à 2.5Mo, ils souhaitent faire prendre conscience au client, et idéalement réduire l’empreinte (sans forcément qu’elle soit idéale)

On parle de Green UX, quand les pages sont sobres (donc peu de requête = peu de poids sur les pages / moins de consommation).

Sites du GIEC et de AirBNB :

* AirBNB pour trouver un logement, 174 requêtes pour remplir 4 formulaires

Chiffres sur les mails : 400 milliards de mails par jour

Le spam représente entre 55% et 95% du trafic de mails. Les mails ‘bloqués’ font quand même tout le trajet par la ligne de transmission.

Le streaming et vidéo représente 40%-80% de la bande passante internet consommée selon les pays.

Zoom utilise du Peer to Peer pour fonctionner, i.e. utilisation de nos appareils (celui des utilisateurs) pour effectuer les calculs, mais c’est justement ce système qu’il faut éviter.

Du côté de la crypto-monnais 25% de la consommation d’électricité des datacenters dans le monde est dédié au minage (+40% par an pour le Bitcoin **VOIR ABSOLUMENT LA SLIDE**)

ChatGPT a pris 5 jours avant d’atteindre le million d’utilisateurs.

On a une consommation de 1500 à 2000 MWh pour l’entraînement de GPT v4-o, une utilisation annuelle entre 1800 à 3600 MWh (pour 10 millions de requêtes par jours).

ACV du numérique : Analyse du Cycle de Vie

* Fabrication
  + Extraction de minerai
  + Traitement du minerai
  + Production de métal/minerai utilisable
  + Transformation métallique
  + Fabrication des composants
  + Fabrication des équipements informatiques

La dalle tactile et l’écran sont notamment les parties avec le plus grand impact écologique, et pourtant ce sont les éléments les plus fragiles et les plus remplacés sur les équipements numériques.

* Usage
* Fin de vie
* (Parfois transport)

L’étape de la fabrication consomme le plus d’impacts : 60 à 80% des impacts (ressources, minerais, métaux rares, contaminations chimiques, GES)

Obsolescence logicielle et matérielle lorsque des jeux / logiciels demandent des équipements plus avancés pour pouvoir fonctionner.

En France, l’empreinte par ACV en France (chiffres selon Ademe) :

* 60% pour la fabrication
* <1% pour la distribution
* 40% pour l’utilisation

Sobriété du numérique :

Concevoir des services numériques plus sobres, de même dans l’utilisation

Low 🡨 Tech Magazine, qui fonctionne à partir de panneaux solaires

* Représente une POC que le site peut fonctionner 100/100 par énergie renouvelable pour un journal, mais aussi avec des poids de page très faibles (entre 300 Ko et 500 Ko)
* Images compressées, logo en texte, pas de java mais du CSS, etc.

Accessibilité du numérique :

12 millions de personnes déficientes en France, peu de services numériques sont accessibles

Fracture numérique / exclusion :

Les services de la vie sont devenus numériques : il faut posséder un ordinateur ou un smartphone

Illectronisme : 1 personne sur 5 en France

Quand on conçoit des systèmes numériques, il faut penser à la personne sur 5 (typiquement les déclarations d’impôts, etc.)

Ecoconception du numérique :

Démarche d’amélioration continue dans le but de concevoir un projet numérique permettant de réduire son impact environnemental

Numérique responsable au service du développement durable, avec pour 3 principaux bénéfices :

* Economiques
* Sociétaux
* Environnementaux

Le numérique responsable se doit d’être :

* Eco-conçu
* Accessible
* Ethique (RGPD)
  + Souveraineté des données, sont-elles stockées avec/sans consentement de l’utilisateur
  + Utilisation du site / intention
* Performant
* Sobre
* Durable
* Inclusif
* Sécurisé

L’éco-responsable serait un mélange d’éco-conception et d’accessibilité.

Compression des images web :

Version optimisée vs non optimisée : Poids de 4,2 Mo contre 19.6 Ko

Slide sur la sobriété au quotidien : les bons usages à appliquer

Ce qu’il faut retenir :

Privilégier la durabilité et la réparabilité

Réduire l’impact par la sobriété des usages

Eco-concevoir les services numériques

Papiers de référence sur le bitcoin, on le présente avec nos données

Sommaire :   
Enjeux énergie climat & enjeux relatifs au numérique

Systémique théorie et application

Green IT, Utilisation du numérique éco-responsable, le numérique est un problème pour l’environnement il faut le résoudre

IT for Green, le numérique est aussi une solution à déployer pour répondre aux problématiques de l’environnement

Scénario contrefactuelle : comparé un monde avec et sans une solution

Loi REIM impact du numérique sur l’environnement

Rapport coût bénéfice avec les incréments de confort

A l’époque, lave-linge vs corbeille de linge au lavoir, gros niveau de confort, émission relativement faible en différence

Différence entre saisie word non corrigée et correction automatique, nécessité de Data center avec IA pour corriger le texte qui déploie un grand coût énergétique

Pour savoir si une solution numérique est viable, il faut évaluer systématiquement les conditions qui permettent un gain et l’ensemble des effets (slide du dernier cours)

Arbre d’impacts, aux effets les plus immédiats jusqu’aux effets les plus induits, ceux qui correspondent aux conséquences des conséquences

Nécessité de réfléchir aux différents impacts et effets rebonds, typiquement blablacar, intérêt économique de prendre la voiture plutôt que d’autres transports en commun 🡪 augmentation des émissions contre initialement un souhait de les diminuer

Exemple de la prise connectée, de Vinted sur l’industrie textile

45 minutes en moyenne de trajet

700 TWh de consommation annuelle en France

Faire un tableau de consommation market absed, location based, transport based

France : 50g/kWh

Allemagne : 400-500g/kWh