

Résumé de la conférence de **Philippe Bihouix**,

Intervention dans le cadre du cours commun de gestion d'entreprise

**« La technologie au secours de la planète ?
Comment les ingénieur.e.s doivent agir face
aux enjeux écologiques »**

Philippe Bihouix est ingénieur Centralien promo 96. Il s'est intéressé aux problématiques liées aux ressources non renouvelables. Il a publié trois livres : sur les low-techs, sur le numérique dans l'éducation et sur les métaux.

INTRODUCTION

Nous sommes victimes de dissonance cognitive. Leon Festinger, qui a théorisé ce concept, s'est notamment intéressé à l'étude d'une secte, prévoyant un nouveau déluge en 1954. Il a analysé de leur raisonnement et a souligné ses incohérences.

Nous sommes bercés par les promesses technologiques : hyperloop, astéroïd mining, géoingénierie, robots, IA... jusqu'à l'immortalité. Tous les outils pour résoudre les problèmes sont inventés. Mais dans les mêmes journaux : les choses vont mal. L'effondrement, la collapsologie apparaissent.

DÉBAT AUTOUR DU PROGRÈS TECHNOLOGIQUE : POURRA-T-ON RÉPONDRE AU DÉFI PLANÉTAIRE ?

Le débat est ancien et date des années 50 (après-guerre). Deux écrivains sont marquants. William Vogt avec « Road to Survival » et Henry Fairfield Osborn avec « Our Plundered Planet ». Les auteurs évoquent croissance démographique et consommation. Les limites planétaires seront franchies. Des famines sont prédites. Le monde n'est pas durable. Paul Ehrlich publie « The population bomb », les sciences dures s'emparent du sujet.

A l'heure du projet Manhattan, prospectivistes et futurologues sont en opposition. Le progrès permet de dépasser les limites. Richard Buckminster Fuller, architecte, crée le « dôme géodésique », structure innovante : c'est le début éphéméralisation (dématérialisation). Plus de services sont possibles avec moins de matière, exemples techniques à l'appui.

Dans les années 70 : le débat est tendu. Meadows et Forester modélisent le système Terre et publient le rapport du Club de Rome en 1972 « The Limits to Growth ». Les modèles prévoient un effondrement. Cornucopiens et Domsdayers s'opposent. Nordhaus en 1975 croit en une « Backstop technology » (énergie infinie) qui permettrait la croissance infinie. Il devient cependant plus tard Prix Nobel d'économie pour ses travaux sur la finance verte. Simon publie en 1981 « The ultimate Resource » : l'être humain est la ressource ultime. Plus de personnes implique plus de moyens et ainsi plus d'abondance. Il parie sur une baisse du prix des ressources. Paul Ehrlich relève le défi sur 10 ans... et perd ! Mais la chute du mur de Berlin et la mise sur le marché de stocks stratégiques américains à l'époque y sont pour beaucoup. Le débat s'estompe ensuite dans les années 90 à la fin de l'URSS. Le débat réapparaît en 2000 dans un contexte de crises du pétrole et de motorisation et urbanisation de la Chine.

LES RESSOURCES FOSSILES ET L'ÉNERGIE

Définition d'une réserve minière : ressource identifiée, exploitable à technologie actuelle et coût actuel. Ainsi, les quantités en réserve restent fixes au cours du temps, le progrès technologique, les variations de prix acceptables et la prospection étant à considérer. Exemple : techniques hydrométallurgiques et plus pyrométallurgiques pour l'extraction des minerais moins riches en teneur. Pas aussi simple pour l'énergie, pour laquelle il faut considérer l'EROEI et pas pour les métaux. Les mines les plus riches et accessibles sont exploitées en premier. Les teneurs en minerai sont alors de plus en plus faibles et plus d'énergie est nécessaire.

La production d'énergie fossile est vouée à décroître. Il est nécessaire de décarboner l'énergie. Mais solutions d'énergie renouvelable ont besoin de captage, stockage et transport. L'intermittence dans leur fonctionnement entraîne une consommation de plus de métaux/ressources pour une même quantité d'énergie fournie. Il y a par exemple un facteur 10 pour l'acier utilisé entre une éolienne et une centrale à gaz ! Sans problème de ressources, la transition énergétique serait facile. Deux sujets se croisent : énergie et ressources sont interdépendantes.

LA CIRCULARITÉ DES RESSOURCES

Les ressources terrestres sont *a priori* réutilisables. L'extraction des métaux sur les 30 prochaines années sera équivalente à tout l'usage déjà connu (avec un taux de croissance de 3%). Pour les métaux, l'économie circulaire et la recyclabilité sont infinies sans détérioration de la qualité (fil de cuivre en exemple contre polymères plastiques). Dans les faits, le recyclage n'est jamais de 100% (perte au feu, usure, entropie...) et certains usages sont dissipatifs (par exemple la chimie du titane, colorant universel pour 80% de son utilisation). Autres exemples : le sulfate de cuivre comme fongicide des vignes, les nano particules (comme l'argent antibactérien pour les chaussettes...). Tout cela entraîne notamment une pollution des rivières. De plus, l'utilisation sous forme d'alliage (acier vanadium, molybdène...), rend le recyclage difficile. On trouve par exemple 40 métaux dans un smartphone. Au niveau industriel, il existe trois « poubelles » : métaux spéciaux (plomb), acier inox et acier carbone.

Sinon, direction le four suivi d'un broyage pour la formation d'un acier pollué de piètre qualité finissant comme ferrailage béton. La circularité est incomplète.

LA HIGH-TECH POUR NOUS SAUVER ?

L'enrichissement des objets (connectivité, smart city, nano matériaux) les éloigne de l'économie circulaire et ne répond pas eux enjeux écologiques/climatiques. Citons l'Indium (ITO) servant aux écrans tactiles, le palladium, les terres rares (notamment dans les luminophores LCD) recyclés à moins de 1% car leurs usages sont dispersifs. La Croissance Verte s'éloigne de l'économie circulaire.

Un autre aspect est à considérer : l'effet systémique des solutions technologiques. Avec des effets rebonds, la technologie entraîne la création de nouveaux problèmes. Une voiture autonome transporte plusieurs personnes mais génère 1Go/s (Intel) de données, et ainsi une pollution au niveau des datacenters. Le trafic internet sera multiplié par mille avec un réseau de véhicules autonomes grande échelle. La 5G permettra d'y parvenir. Abordons le cas de la Smart city : 200Go/jour/habitants, ce qui revient à créer l'équivalent des données actuelles du cloud en 20 jours. L'effet rebond est connu depuis longtemps : William Jevons, dans les années 1850, s'intéresse à la durabilité du charbon en Angleterre. Grâce à l'efficacité des machines en constante amélioration, pas de pénurie en vue mais Jevons prévoit une augmentation du nombre de machines et des utilisations, menant à une plus forte consommation. L'efficacité énergétique entraîne un rebond. On peut alors faire un parallèle avec le covoiturage... longue distance (utilisation de la voiture et pas du train à cause du prix. La création de demande contrecarre les effets bénéfiques espérés. De même que des améliorations sur les ailettes des turboréacteurs : 20% de baisse de consommation auront permis l'apparition des compagnies *low-cost*. Pour les véhicules terrestres, l'augmentation du poids découlant de l'amélioration de la sécurité contrebalance l'amélioration de la motorisation : il n'y a pas de gain de consommation. Concernant le numérique, celui-ci représente 10% de la consommation d'électricité mondiale, émettant ainsi plus de CO2 que le transport aérien (1Gt contre 800Mt). La Power Usage Effectiveness (PUE) est proche de 1, mais la consommation de données double tous les 18 mois...

FAUT-IL SE DÉSESPÉRER ? LES SOLUTIONS SONT LÀ !

Un scepticisme concernant la capacité des ingénieurs à résoudre les problèmes climatiques voit le jour. Comment ne pas se désespérer ? P.Bihouix aborde les Low-techs dans son premier livre, mais ne prône pas un retour à l'âge de pierre : il s'agit d'un questionnement de la course en avant technologique. Trois questionnements permettent de résumer : quoi, pourquoi, comment produire ? Des solutions socio-techniques sont à envisager, ainsi que de la sobriété. Les solutions techniques sont là. La voiture consommant 2 fois moins est simplement une petite voiture légère de 700kg. La société est-elle liberticide ? La Citroën AX de P.Bihouix est interdite sur l'autoroute car trop vieille. La société est déjà bien liberticide. Un véhicule de plus de 3,5t devient un camion. Des normes restrictive du type « poids lourds » sont envisageables pour faire baisser les poids des véhicules (et ainsi les consommations).

Dans le bâtiment, le changement passe par moins construire, moins artificialiser. Le taux actuel d'artificialisation des terres en France est de 1%, soit 1 département tous les 7 ans. 100% du territoire français sera-t-il couvert à terme ? Il faut intensifier les usages des m². CentraleSupélec est un exemple de ce qu'il ne faut pas faire. Quid de l'utilisation sur les périodes creuses (week-end, vacances...) ? La sobriété s'envisage dans tous les domaines. Après avoir répondu au « pourquoi », il faut réfléchir à la capacité de récupérer des ressources (pour l'électronique notamment). Que penser du distributeur de croquettes pour chat connecté à 199\$, qui propose un suivi du poids du chat sur smartphone, avec reconnaissance faciale de ce dernier ? Où fixer la limite ? Un autre enjeu se trouve dans le domaine médical : que penser du transhumanisme après les progrès en radiologie chez le dentiste ?

L'impact du système numérique peut être divisé par cent : il suffit de réduire les obsolescence software et hardware et remettre en cause la performance. On peut souligner une tentative de smartphone durable (Fairphone) face à des appareils avec gyromètres, caméras... difficiles à démonter et recycler.

Après la résolution du « quoi », se posent la question du « comment » et un questionnement social. Le paradigme du 19^e est revécu actuellement, à savoir que les ressources naturelles ne valent que le travail humain pour les extraire. Ceci mène à une quête de productivité avec moins de travail humain. Ce qui est bien au début (pénibilité réduite) mais entraîne une hausse de la consommation d'énergie (3 à 4 fois plus par personne depuis les années 60). Il y a moins de 2€ de métal dans un smartphone, tandis que réparer un fer à repasser coûte plus cher que d'en racheter un...

CONCLUSION

P.Bihouix n'est pas contre l'innovation, mais pense qu'il ne faut pas espérer grand-chose du progrès. Il appelle à une innovation sociale, sociétale et organisationnelle. Le retour à la consigne n'est qu'un problème d'organisation. Le monde actuel glorifie l'innovation technologique et en fait une religion. Elon Musk en est un grand prêtre. La maxime actuelle serait « Il faut avoir le courage d'innover ». Mais non, l'humain est avant tout un imitateur depuis la préhistoire et les premiers silex. La société est suiveuse et innover revient finalement à faire comme les autres.

QUESTIONS

- *Le changement ne passe pas par l'innovation mais est plutôt sociétal selon vous. Quels organismes pour ces changements ? Où mettre nos compétences d'ingénieurs ?*

« Je suis juste ingénieur. La croissance infinie est évidemment face au mur. Avec 2% de croissance par an, le calcul simple. On atteint vite des chiffres vertigineux. Il y a un alignement de planètes à trouver : famille, prise de conscience, niveau personnel. Cela passe par 4 niveaux. Au niveau 1, l'offre n'est pas toujours là pour réduire son

impact environnemental. Le 2^e niveau est territorial : associations, circuits courts, AMAP, tissu territorial (PME, Grands groupes). Le 3^e niveau est étatique : prescription, puissance publique. Le 4^e niveau est international. Mais à la COP à Madrid, l'avancée est lente : la solution ne viendra pas par le haut. Il faudra toucher au porte-monnaie, avec un mécanisme de soutien et incitation. Nous avons besoin de sortir de la civilisation de la voiture, ce qui ne nous rendrait pas plus malheureux. »

- *Faut-il travailler chez EDF, la SNCF qui sont des entreprises engagées dans la transition ? Percevez-vous un engouement des jeunes actifs sur les questions de résilience ?*

« Ma vision est biaisée, franco-française. Il y a des signes : la signature du manifeste étudiant... J'espère que nous sommes à l'aube de grands changements. En 1975, quelqu'un a dit : le système soviétique tombera lorsque les gens se lèveront et partiront suite à la révélation d'une contre vérité. C'est dur d'être le premier à se lever. Il y a une responsabilité des entreprises vis-à-vis des actionnaires et employés. Le système économique et social est à inventer, c'est atteignable et possible. Pour les entreprises, attention au dilemme du prisonnier : le premier à bouger se fait shooter. Vous vivrez de belles aventures dans toutes les tailles de boîtes. Le Greenwashing est bientôt fini, nous aurons bientôt du concret. »

- *La mondialisation est une chose importante. Notamment pour nous l'obligation d'une expérience internationale dans le cursus CS. L'échelle mondiale et la transition écologique sont-elles conciliables ?*

« Il faut reterritorialiser. Une ville en Chine produit 1/3 des chaussettes mondiales. Il faut revoir la production des objets du quotidien. Mais mettre des forgerons partout ne serait pas une bonne solution non plus. Il faut partager la connaissance. Par ailleurs, es outils numériques n'ont pas réussi à réduire le besoin de se déplacer. Les avantages comparatifs de Ricardo sont à revoir. Il faudra refaire de la polyculture, avec plus de travail humain et adopter une approche régionale. »

- *Il n'y a pas que les métaux qui posent problème. Gaël Giraud et Yves Cochet ont parlé des phosphates, qui ont permis d'atteindre une forte population. Y a-t-il un risque de famines à l'avenir ? Pensez-vous que les pays occidentaux sont vulnérables (avec une faible population agricole) ?*

« L'agriculture dépend aussi d'autres choses. Il y a beaucoup de gaspillage en Europe, avec 30% de vivres jetés. 70% des céréales servent à nourrir le bétail. Manger moins de viande et baisser les rendements sont possibles et compatibles. Le *Peak oil* à -2% d'extraction de pétrole n'impactera pas les pompiers et les agriculteurs qui représentent une faible partie de la consommation de pétrole. 30% du carburant va à un usage loisir en France. Il ne faut pas avoir peur de passer le pic. Le cycle du phosphate est cependant non bouclé, sans retour à la terre. La solution pipi (phosphate) caca (potassium) est envisageable, avec l'exemple suédois (séparation du liquide et du solide), mais une évolution culturelle est nécessaire. »

- *La question des métaux est compliquée : mais la fin, c'est pour quand ?*

« On peut aller encore loin. 8% de l'énergie primaire sert pour l'extraction des métaux. 5% de l'acier sert pour le système pétrolier. On est loin des 50%... »

- *Travaillez-vous avec le gouvernement ?*

« Non, sans plus ! »

- *Que pensez-vous d'Extinction Rebellion ? L'association avance un chiffre de 3,5% de la population nécessaire pour faire basculer le système.*

« Je ne sais pas trop. Il y a en effet des points de références morales et culturelles à changer. »