

Concevoir autrement pour réduire nos impacts environnementaux



Jean-Luc Bessède

Consultant Sénior Valeur Business de la Transformation Numérique
 Rockwell Automation

En préparant ce « Libre propos », m'est revenu à l'esprit le mythe de Prométhée. Celui-ci vola aux Dieux les secrets du feu et des arts (dont la métallurgie et la céramique). Condamné par Zeus pour son forfait, Prométhée est attaché à un rocher, son foie dévoré par l'Aigle du Caucase chaque jour, et se reconstituant la nuit. Le parallèle avec notre situation actuelle est saisissant [1] : humains maîtrisant l'énergie et les technologies, nous voici subissant la vengeance des dieux, en contemplant *ad nauseam* la dégradation de notre environnement, conséquence de notre maîtrise technologique.

C'est en ayant à l'esprit Prométhée, maître du feu, héraut de la fonction technique, que j'aborderai cette problématique, nouvelle pour l'Ingénieur : comment faire acte de « concepteur » tout en

intégrant les contraintes environnementales, à présent bien identifiées, en minimisant les impacts des sous-ensembles, fonctions, produits, systèmes, solutions, services que nous concevons et mettons en œuvre ?

Les méthodes et outils de l'éco-conception, que j'aborderai ci-dessous, ont été élaborés dans les trente dernières années. Ils sont largement disponibles et permettent aux ingénieurs de concevoir et d'opérer de manière à réduire les impacts environnementaux. Mais une démarche d'éco-conception seule, qui ne tiendrait pas compte d'enjeux plus larges, ne constituerait qu'une méthode d'optimisation supplémentaire, manquant des critères pourtant indispensables pour orienter les choix de conception. De fait, l'éco-conception ne saurait être abordée sans prendre en compte trois facteurs essentiels que sont *la rareté des ressources et matières premières, la diversité des énergies et enfin les exigences du développement durable*.

Rareté des matières premières

En effet, comme la guerre en Ukraine vient malheureusement nous le rappeler, la rareté des matières premières, énergies, technologies est un élément essentiel gouvernant nos économies et nos organisations sociales autant que politiques.

Tout choix d'optimisation de la performance environnementale sera impacté par les difficultés d'accès ou d'extraction des ressources (minerais, pétrole, gaz, matériaux fissiles, etc.), la complexité des procédés de fabrication ou la rareté

d'objets et solutions à fort contenu technologique. Même des matériaux et sources d'énergies « renouvelables », que ce soient le vent, l'énergie hydraulique ou solaire, le bois, sont d'accès limité dans la mesure où l'intermittence des énergies solaire ou éolienne, les conflits d'usage de l'eau ou le temps de renouvellement des forêts constituent des facteurs limitants.

Cette notion de rareté, peut également être étendue aux ressources vitales telles que l'air pur, l'eau pure, des aliments sains, les terres arables, qui dans le contexte de croissance démographique actuel constitue un paramètre important à considérer dans le cadre de l'éco-conception. D'autant que ce critère de rareté est à prendre au sens large. Par exemple, comme l'illustre la figure 1 dans le cas du cuivre, même si les réserves actuelles de ce métal sont conséquentes, la qualité du minerai décroît au fil des ans, renchérissant d'autant le prix du métal [2].

Chaque système économique s'est organisé autour de la gestion de la rareté, que ce soit en développant des sources alternatives de matières premières, en élaborant de nouveaux procédés de fabrication, en compensant l'intermittence des énergies, ou en développant le recyclage. On trouve, par exemple, des forges ancestrales [3] proches des minerais, de l'eau et des forêts, aménageant des bassins de rétention pour réguler l'énergie hydraulique, organisant l'exploitation des forêts pour assurer le renouvellement du bois, modifiant les fourneaux pour réduire la consommation énergétique. Ce faisant, l'éco-conception d'un système de production s'oriente alors vers un exercice plus large d'écologie industrielle.

Diversité des énergies

Ce qui est vrai sur le plan sociétal, se retrouve également dans l'activité de tout éco-concepteur : la rareté des ressources est le premier paramètre à gérer. Cependant cette rareté doit être mise en regard de la diversité des sources d'énergies dont nous disposons aujourd'hui, celle-ci devant vraisemblablement s'élargir encore dans les prochaines années. Ainsi pouvons-nous concevoir ce 21^{ème} siècle comme un moment « d'hyper choix des énergies ».

Nous remémorant les années "charbon et pétrole", nous nous souviendrons que, jusqu'aux premiers chocs pétroliers, le type d'énergie utilisé était secondaire, malgré les problèmes de sécurité des travailleurs ou de pollution. Mais à présent, comme nous pouvons le voir par exemple dans l'exercice de prospective du DNV [4], une grande diversité des sources d'énergie est envisagée à l'horizon 2050.

Un premier aspect de la question énergétique (Cf. figure 2), concerne l'usage direct de l'énergie primaire, sans transformation en énergie électrique, qui est envisagé en décroissance : à l'horizon 2050, une part de plus en plus importante d'énergie primaire devrait être transformée en électricité avant d'être utilisée. Au niveau mondial,

“ Au niveau mondial, si la quasi-totalité des énergies primaires était carbonée en 2018, cette part ne devrait plus représenter qu'un tiers de la production mondiale en 2050. La situation devrait être un peu différente en Europe et en France, avec une part d'énergie carbonée de l'ordre de 25 %.”

si la quasi-totalité des énergies primaires était carbonée en 2018, cette part ne devrait plus représenter qu'un tiers de la production mondiale en 2050. La situation devrait être un peu différente en Europe et en France, avec une part d'énergie carbonée de l'ordre de 25 %.

Un deuxième aspect concerne le mode de production de l'énergie électrique, principalement carbonée aujourd'hui dans le monde, la part de l'électricité d'origine nucléaire ou hydraulique n'étant significative que dans quelques pays européens, dont la France. La décarbonation de cette énergie électrique, à l'horizon 2050, passera par une démultiplication des « types » d'énergies, y compris l'hydrogène, combinée à une inversion du rapport entre production carbonée et décarbonée.

Ce faisant, le système énergétique du milieu du 21^{ème} siècle sera plus diversifié, plus complexe, plus morcelé et plus maillé que celui du siècle précédent. Ceci aura de nombreuses conséquences, en termes de besoin de compétences, plus spécifiques et plus nombreuses (informaticiens, infrastructures, technologies, opérations...), mais aussi de capacités et diversité de stockages (court/moyen terme, stockage d'hydrogène, utilisation de batteries, etc...). Ceci impliquera une nouvelle façon de gérer les risques et les surfaces consacrées à ces installations. Il faudra également anticiper les besoins de surfaces supplémentaires dévolues à la production d'énergie (nouvelles installations nucléaires, solaires, éoliennes...), entraînant plus de conflits d'usage et de jouissance, et repenser voire étendre les ●●●

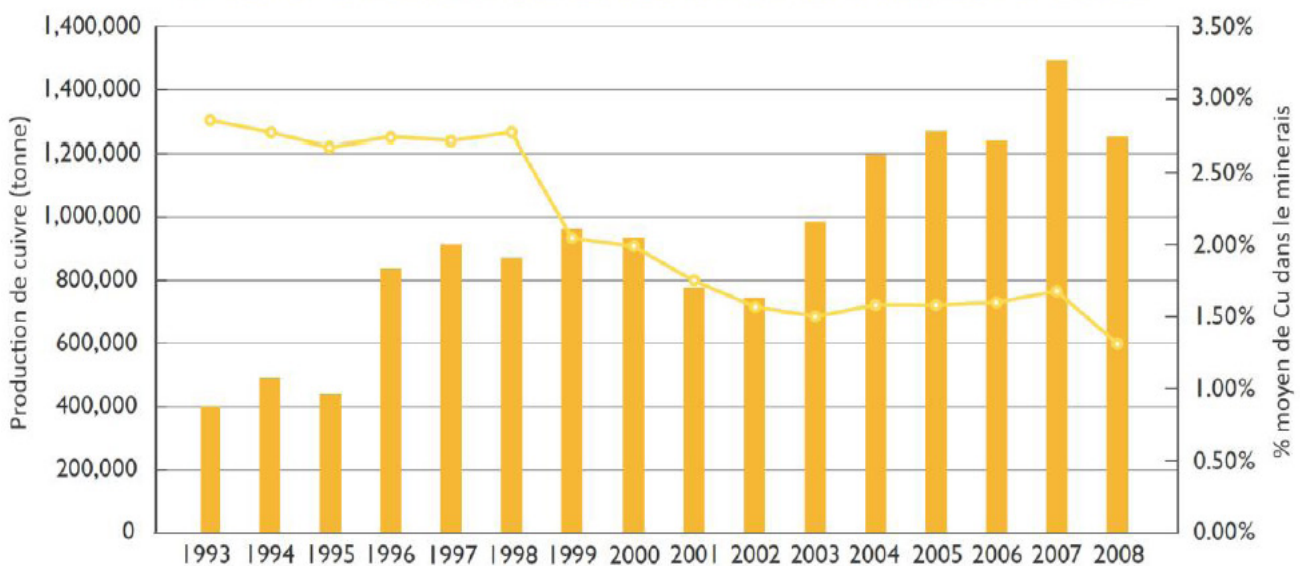


Figure 1 : Production de cuivre et évolution de la teneur en minerai - Source Ref. [2]

COMPARISON OF ENERGY FLOWS: 2018 AND 2050

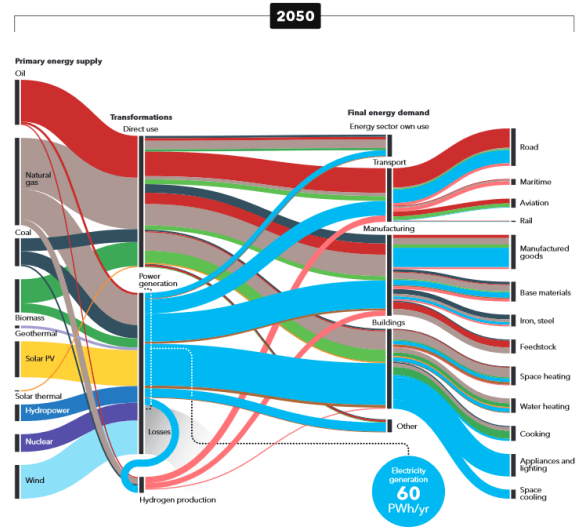
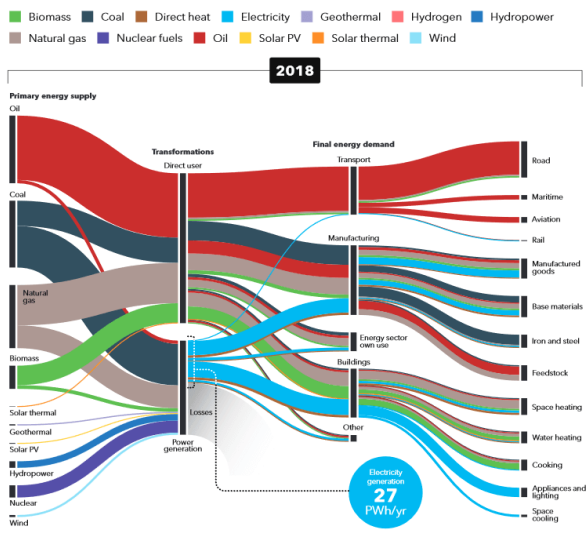


Figure 2 : Comparaison de l'usage de diverses sources d'énergie, de la production à l'utilisation (2018 et projeté 2050) - D'après « DNV Energy Transition outlook 2021 » [4]

●●● réseaux de transport et de distribution d'énergie.

Enfin les pertes énergétiques, que ce soit au niveau de la production, du transport et de la distribution de l'énergie ou de son utilisation, devront être réduites autant que faire se peut. Si cet aspect peut paraître une évidence, il ne faut pas perdre de vue que plus le système énergétique sera complexe et diversifié, plus il sera difficile de limiter les pertes d'énergie.

Développement durable

Les contraintes liées à la rareté des matières premières et à la diversité des sources d'énergie sont toutefois à contrebalancer par les objectifs de développement durable. Conceptualisé et élaboré au 20^{ème} siècle, ce concept qui vise à concilier les impacts économiques, sociaux, et environnementaux de toute activité humaine, trouve à présent un écho dans le monde entier [5]. Les évolutions de modes de consommation (attrait pour les communautés, le local, le bio...) et les modes d'activité (télétravail, travail indépendant ou via des plateformes) auront un impact important sur la consommation énergétique,

en particulier électrique. De même, l'allongement du temps d'études et de re-traité, ou la généralisation de l'accès aux loisirs (à l'échelle mondiale) modifieront les modes de vie, de consommation et de transport.

En ce sens, les choix de stratégies, entre autres de conception, ne peuvent plus être faits à partir des seuls critères économiques, géopolitiques, ou d'opportunité. Ils doivent également prendre en compte les impacts sociaux, économiques et environnementaux de ces choix. Si l'impact direct du développement durable sur l'activité d'un concepteur de produit peut apparaître lointain, il en est différemment pour les concepteurs ou donneurs d'ordre d'un système de transport ou pour l'implantation d'un nouveau site industriel par exemple.

L'éco-conception passe d'abord par l'évaluation des impacts

C'est dans ce contexte de rareté des ressources et des matières premières, combiné à une diversification des sources d'énergie, et d'exigences de développement durable que l'éco-conception doit être considérée et intégrée.

Démarche d'ingénieur, s'il en est, l'éco-conception, souvent appelée par le terme anglais d'« *eco-design* », vise à mettre à disposition des concepteurs l'ensemble des connaissances, outils de conception, outils d'évaluation, critères de choix et de qualifications, mais aussi des bibliothèques de bonnes pratiques et solutions préalablement développées et qualifiées, leur permettant d'évaluer, quantifier et mettre en perspective les

“ Les évolutions de modes de consommation (attrait pour les communautés, le local, le bio...) et les modes d'activité (télétravail, travail indépendant ou via des plateformes) auront un impact important sur la consommation énergétique, en particulier électrique. ”

différents types d'impacts environnementaux afin de les minimiser [6].

Par exemple, les impacts locaux, régionaux, globaux, seront déterminés spécifiquement : un déversement de liquide chimique peut avoir un impact « local » (le sol souillé par ce liquide), un impact « régional » (la nappe phréatique, voire quelques kilomètres de rivière autour du point de pollution), « global » (quelques centaines de kilomètres par exemple pour certains liquides).

De même seront traités les notions d'Impacts à court, moyen et long terme : certains gaz éventuellement très toxiques, mais très réactifs à l'humidité n'auront qu'un impact très court terme (quelques heures), d'autres peu impactants à court terme présenteront des effets d'accumulation qui rendront leur impact à long terme très négatif (cas des CFC par exemple).

Un troisième aspect est relatif à la réversibilité des impacts : ainsi un phénomène de déforestation (sous l'effet de pluies acides) pourra être considéré comme totalement réversible, sous certaines conditions de temps et pour des surfaces limitées. D'autres types d'impacts seront considérés comme partiellement réversibles dans le cas où l'échelle de temps pour revenir à un état anté-pollution dépasse largement une vie humaine ; voire irréversibles, ce qui est le cas des consommations de ressources non-renouvelables ou de la disparition d'espèces vivantes par exemple.

Enfin à ces trois catégories, nous pourrions ajouter des impacts liés à la qualité de vie, même si l'impact environnemental *stricto sensu* est faible. On peut évoquer en particulier le bruit, les odeurs, les atteintes aux paysages, qui peuvent avoir de nombreux impacts sur la santé, voire sur la faune et la flore, mais sont réversibles.

Choisir des solutions éco-responsables

Les différents types d'impacts environnementaux étant identifiés en tant que tels, le niveau d'analyse dépendra des fonc-

“ La problématique environnementale, aussi large soit elle, ne peut être abordée sans mettre un accent particulier sur la réduction d'emplois et d'émissions des gaz à effet de serre, les enjeux du réchauffement climatique apparaissant maintenant comme majeurs. ”

tions que l'on souhaite caractériser, et éco-concevoir.

Un premier niveau concerne *les choix de matériaux* simples/complexes, à retenir en conception. De nombreuses substances chimiques sont à présent d'usage limité voire interdites, et une bonne connaissance de la réglementation actuelle et en cours d'élaboration permet déjà d'éviter des choix de conception faisant appel à des matériaux et procédés polluants ou dangereux. Encore faut-il également prendre en compte la recyclabilité de ces matériaux ou assemblages. Mais raisonner au niveau des matériaux uniquement n'est souvent pas suffisant pour réduire significativement les impacts. Aussi est-il nécessaire de traiter également des sous-ensembles et des composants complets, une analyse de fonctionnalité permettant souvent d'optimiser la réduction des impacts environnementaux.

Par ailleurs, en considérant l'ensemble du cycle de vie d'un produit, d'une solution ou d'un système, le concepteur disposera des éléments permettant de faire des choix à même de réduire fortement les impacts, à l'issue d'un travail de *re-conception*. L'aspect de la réduction des consommations énergétiques sera un autre levier d'optimisation pouvant être considéré à ce niveau.

Au-delà des outils réglementaires

Afin de gérer les besoins d'optimisation et de réduction des impacts, de nombreux outils ont été élaborés ces dernières années. Disponibles sous formes de lois et règlements, de normes, de règles de conception que nous ne détaillerons pas ici, certaines prescriptions restent d'application

volontaire. Il appartient aux concepteurs de connaître et de maîtriser l'ensemble de la réglementation applicable à leur domaine. Mais une démarche engagée d'éco-conception s'emploiera à élargir les prescriptions à des règles sectorielles ou plus spécifiques encore, d'application volontaire.

Une urgence : réduire les gaz à effet de serre

Pourtant, la problématique environnementale, aussi large soit elle, ne peut être abordée sans mettre un accent particulier sur la réduction d'emplois et d'émissions des gaz à effet de serre, les enjeux du réchauffement climatique apparaissant maintenant comme majeurs.

Un premier aspect peut être abordé via l'usage de l'énergie, en signalant que la meilleure énergie est celle qu'on ne consomme pas. Toute action d'éco-conception visera à diminuer les consommations d'énergie de tous types, pour chaque phase de la vie des produits ou solutions. Une attention particulière sera portée à la phase d'utilisation pendant laquelle les pertes énergétiques par exemple ont un fort impact environnemental, entre autres en termes de réchauffement climatique.

Le deuxième aspect concerne l'usage de l'énergie dans le cadre du système dont on cherchera à optimiser la consommation et à réduire les émissions. Par exemple, envisager une augmentation de tension d'un réseau électrique, aura pour conséquence à long terme de plus faibles pertes et indirectement de plus faibles émissions de gaz à effet de serre. Utiliser des composants à faibles pertes ●●●

- électriques peut également fortement réduire les émissions de gaz à effet de serre indirectes.

Une discipline encore jeune : mettre en place les ressources nécessaires

On le voit l'éco-conception est une discipline encore récente, en cours d'évolution et de déploiement, qui permet à toute personne en charge de la conception de systèmes de préparer des options et de formuler des solutions pour *in fine* guider des choix d'optimisation. De nombreux organismes publics et entreprises ont déjà initié ce type de démarches, même si les résultats sont encore fragiles et les périmètres parfois restreints [7]. Mais ces choix, reposant sur des compromis, c'est aux décideurs de les faire et de guider les concepteurs en établissant des objectifs ambitieux certes, mais réalistes en termes de choix d'optimisation ou de limitation des impacts.

L'éco-conception, en tant que collection d'outils et méthodes permet dès à présent d'aborder l'ensemble des questions environnementales qui se posent aux concepteurs et donneurs d'ordre. L'expérience venant et les déploiements étant plus systématiques, celle-ci offrira à chacun des options de produits, solutions, systèmes permettant des choix plus éclairés et *in fine* de réduire les impacts autant que de besoin, en fonction des attentes sociétales. Les quelques références bibliographiques citées ici permettront à chacun d'approfondir le sujet.

Mais, au-delà des choix de conception, il est nécessaire de mettre en place les financements nécessaires à cette transition vers l'éco-conception généralisée. En ce sens, il faudra repenser certains modèles économiques, dont ceux qui supportent l'utilisation et la production d'énergie, tout comme ceux liés au recyclage et au retraitement des matériaux ou à l'allongement de la durée de vie des produits.

Enfin la mise en œuvre de l'éco-conception ne saurait se faire sans acteurs compétents et suffisamment nombreux. S'il existe bien quelques formations spécialisées dans certaines écoles d'ingénieurs, et formations de techniciens, il serait nécessaire de généraliser les modules d'éco-conception (aussi bien théoriques que pratiques) dans l'ensemble des formations techniques post-bac. Il serait également nécessaire de généraliser ces mêmes modules dans les formations magistrales et de commerce.

La prise de conscience environnementale constitue, à n'en pas douter, un marqueur important de ce 21^{ème} siècle. Selon certaines sources, le châtimement de Prométhée a duré trente ans. Ainsi pouvons-nous nous fixer 2030 comme horizon, pour une généralisation effective de l'éco-conception, et une réduction extensive des impacts environnementaux des produits, systèmes et services que nous concevons. ■

Références

- [1] Prométhée et la fonction technique Jean-Pierre Vernant dans 'Mythe et pensée chez les Grecs' (1996), pages 261 à 273
- [2] <http://eco3e.eu/base/metaux-precieux/?lang=fr>
- [3] <https://www.abbayedefontenay.com/decouvrir-fontenay/l-abbaye-et-ses-jardins/la-forge>
- [4] DNV Energy Transition outlook 2021: <https://eto.dnv.com/2021/about-energy-transition-outlook>
- [5] <https://www.un.org/fr/exhibit/odd-17-objectifs-pour-transformer-notre-monde>
- [6] NF EN ISO 14006 - Systèmes de management environnemental - Lignes directrices pour intégrer l'éco-conception
- [7] Rapport ADEME : Baromètre Ecoconception 2020 - Pratiques et positionnement des entreprises françaises

L'auteur

Ingénieur ENSCI, Docteur ès Science en Génie de matériaux et des procédés, **Jean-Luc Bessède** a débuté sa carrière en 1990 dans la Société GEC-Alstom T&D où il a été tour à tour Chef de Groupe R&D Matériaux, Responsable éco-conception, puis Directeur Innovation. Il a rejoint Schneider Electric en 2010 où il a pris la responsabilité des Partenariats avec les organismes de recherche, pour le Business Infrastructures, puis développé des applications de Réalité Augmentée pour l'industrie et conçu une plateforme informatique pour le déploiement de la réalité augmentée. En 2019, Jean-Luc rejoint la société PTC, spécialisée en logiciels de conception, d'IoT et de réalité augmentée, puis Rockwell Automation en 2021 en tant qu'expert Valeur Business de la Transformation Numérique, avec pour mission d'aider les entreprises industrielles européennes à créer de la valeur dans les domaines des opérations industrielles. Membre émérite de la SEE, membre sénior de l'IEEE, président de l'association APIME, Jean-Luc a publié de nombreux articles, normes Internationales et brevets, ainsi que deux ouvrages relatifs à l'éco-conception appliquée au génie électrique. Il a reçu le IEC "1906 Award" en 2005, a été Membre de « l'European Technology Platform on SmartGrids », président du club « matériels électriques » de la SEE, président de la Commission « technologies et innovation » de T&D Europe (Association européenne des constructeurs de matériels électriques). Il a aussi contribué au lancement du Club de Recherche en Eco-conception et Recyclage « CREER » dont il a été Vice-président pendant quatre ans.