Histoires d'innovation

Olivier Ridoux

▶ **To cite this version:**

Olivier Ridoux. Histoires d'innovation. École d'ingénieur. France. 2021. hal-03176638

HAL Id: hal-03176638
https://univ-rennes.hal.science/hal-03176638

Submitted on 22 Mar 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

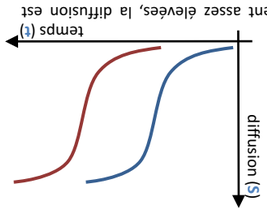
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Des idées originales qui deviennent des lieux communs

L'innovation fait actuellement l'objet d'une attention telle qu'elle en devient une sorte de mode, et cela a contribué à transformer en clichés des idées qui étaient initialement originales et intéressantes. Sorties de leur contexte ses idées deviennent des slogans simplistes. Dans ce qui suit nous restituons à certaines d'entre elles leur saveur originelle, afin de leur redonner l'intérêt qu'elles méritent.

Gabriel Tarde (1843-1904) – innovation/imitation, courbe en S

Gabriel Tarde était juge de profession et sociologue de tempérament. Ses travaux seront reconnus à la fin de sa carrière par une chaire de professeur au Collège de France. Il a conduit des travaux de criminologie, défendant par exemple que la tendance au crime n'est pas innée. Il a aussi tenté de fonder la sociologie sur la répétition de comportements individuels partagés par tous, l'opposant ainsi à la psychologie qui aurait pour objet les comportements individuels propres à chacun. C'est ainsi qu'il propose que l'essentiel des relations sociales a deux moteurs : **l'innovation** et **l'imitation**. L'innovation se nourrirait du **désir** de faire plus et mieux, d'avoir plus et mieux, et l'imitation de la **croyance** que l'innovation d'un autre marchait. Une innovation vraiment fructueuse deviendrait alors contagieuse, car beaucoup imitée. Tarde propose alors de modéliser quantitativement la diffusion de l'innovation par une courbe dites « en S » inspirée des modèles de diffusion des épidémies qui commençaient à se développer à son époque.



Cette courbe mesure la **proportion** d'une population qui est touchée par une épidémie, ou qui a adopté une innovation. Elle est gouvernée par l'équation différentielle $S'(t) = S(t)(1-S(t))$. On voit que lorsque la part de la population qui est touchée, $S(t)$, ou celle qui ne l'est pas, $1-S(t)$, est proche de 0, la pente est très faible. La diffusion est donc très lente. À l'inverse, au milieu de la courbe, là où $S(t)$ et $1-S(t)$ sont simultanément assez élevées, la diffusion est rapide.

Ce modèle sera très largement repris, et **l'effet Matthieu** aidant, attribué à d'autres auteurs.

Joseph Schumpeter (1883-1950) – innovation/invention, destruction créatrice, système technique

Au contraire de Tarde qui s'intéresse surtout à l'imitation, Joseph Schumpeter se focalise sur l'innovation et les innovateurs.

La différence entre invention et innovation est soulignée dans tous les discours sur l'innovation, et Schumpeter, qui est économiste, lui donne un sens économique. Selon lui, les inventeurs produisent sans motivation économique des inventions qui constituent un fond à exploiter par les innovateurs. Ces derniers sont des **acteurs économiques** qui exploitent les inventions pour les réponses qu'elles apportent à leurs problèmes et pour former de **nouvelle fonctions de production** quand les anciennes sont épuisées. En effet, à la suite d'autres auteurs Schumpeter affirme que l'économie capitaliste suit des cycles **d'expansion-crise-récession-reprise**, et doit réglementer ce renouveler pour se survivre. Les cycles de Schumpeter peuvent être vus comme un enchaînement de courbes en S, à la Tarde, où idéalement chacune démarre avant que la précédente ait atteint son plateau.

L'innovation est le moteur de ce renouvellement, et l'invention son carburant. C'est pour cela que Schumpeter l'appelle une **destruction créatrice**. On voit que l'usage courant qui est fait de cette expression pour justifier les impacts sociaux ou environnementaux des innovations est un contresens cynique. Schumpeter affirme aussi que les cas où un inventeur est aussi un innovateur (ex. **Thomas Edison** ou **Graham Bell**) sont fortuits. Cette opinion peut être comparée avec le mot d'ordre actuel qui enjoint aux inventeurs d'être aussi innovateurs !

Il affirme aussi qu'une innovation en appelle d'autres pour former une **grappe d'innovations** qui constitue un nouveau **système technique** : ex. le train avec la machine à vapeur, mais aussi les rails, les ouvrages d'art, le mobilier ferroviaire, la standardisation des équipements, la sécurité, la signalisation, la tarification, le contrôle de temps, etc. Un système technique forme ses outils, ses emplois, et sa culture, qui seront balayés quand un nouveau système technique le remplacera. De ce point de vue, raconter les débuts des transports ferroviaires par le développement de la machine à vapeur en rend pas compte du système technique qui naissait. De nombreux autres verrous technologiques ont dû être levés, ex. la résistance des rails au poids des trains, et leur ancrage au sol, la réponse aux exigences de sécurité, de même que des verrous organisationnels ou sociaux, ex. l'interconnexion de réseaux distincts, la sécurité ou l'adoption d'un référentiel de temps.

Robert King Merton (1910-2003) – scepticisme organisé, sérendipité, innovation/transgression

Robert King Merton est sociologue et s'est particulièrement intéressé au domaine de l'invention-innovation. Il a conduit des recherches très variées, et a introduit de nombreux concepts toujours en usage. Il s'est intéressé aux **normes et valeurs scientifiques**, au **prophéties auto-réalisatrice** (ex. **J'y arriverai jamais**, ou **On va connaître une pénurie d'essence**), ou à la **sérendipité**.

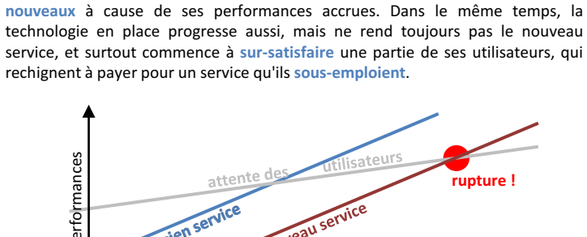
Pour Merton, la science est caractérisée par quatre valeurs : **l'universalisme** (les connaissances scientifiques valent indépendamment de leurs contributeurs), le **communalisme** (elles sont un bien commun), le **désintéressement** (les scientifiques n'ont pas d'intérêt personnel dans le succès d'une théorie ou d'une autre), et le **scepticisme organisé** (les scientifiques s'organisent pour éprouver les théories). Bien sûr, ces valeurs ne sont pas toujours respectées, le scepticisme organisé est peut-être la valeur la mieux défendue dans la formation des scientifiques via l'exigence de reproductibilité des expériences ou de rigueur dans les mesures.

L'histoire des sciences est remplie d'instants uniques où un héro fait un acte fortuit dont les conséquences lui inspirent une découverte : **d'Archimède** (on appelle d'ailleurs parfois ces instants des **instants Eurêka**) à **Alexander Flemming**, en passant par **Hans Christian Oersted** et **Spencer Silver**. Ce chemin de la découverte a toujours été commenté et analysé (Pasteur disait que le hasard ne favorise que les esprits préparés), et souvent illustré par des histoires trop belles pour être vraies. Merton a tenté de décrire ces moments par une forme de raisonnement non strictement logique, mais fructueux. Pour désigner ces instants, il popularise le mot de **sérendipité** qu'avait inventé Horace Walpole dans un autre contexte.

On doit enfin à Merton une analyse des comportements humains en termes de l'acceptation on non des objectifs qu'une société assigne à ses membres, et des moyens qu'elle propose pour y parvenir. Pour Merton un innovateur **poursuit des objectifs licites à l'aide de moyens illicites**. Il transgresse une partie des règles de la société, mais pas ses objectifs. Il finit par être admiré pour cela, surtout en cas de succès, même si au début la société ne voit que la transgression. À l'inverse, le ritualiste accepte les règles sans en partager les objectifs, et le rebelle défend de nouvelles règles pour de nouveaux objectifs. **Norbert Alter** tient que la transgression est un moteur essentiel de l'innovation, spécialement quand une société assigne des règles qui finissent par être contradictoires.

Everett Rogers (1931-2004) – diffusion de l'innovation

Comme Tarde, Everett Rogers s'intéresse à la diffusion de l'innovation par imitation, et comme lui il a modélisé se s'inspirant de la diffusion des épidémies. Seulement, au lieu de figurer la courbe de la croissance de la proportion des personnes atteintes, il figure la dérivée de cette courbe, d'où une courbe en cloche plutôt qu'en S. Sa pensée a été alimentée par l'observation de la diffusion des innovations dans le monde agricole, ex. adoption de nouvelles semences ou de nouveaux outils.



Rogers enrichit cette courbe de diffusion en la découpant en quantiles auxquels il attribue des profils psychologiques : **innovateurs**, **suiveurs**, etc. Un commentateur de Rogers, Geoffrey Moore, explique qu'il existe un fossé (un ***chasm*** en anglais) entre les **adoptants précoces** et la **jeune majorité**, et que c'est là un obstacle que beaucoup d'innovations naissantes échouent à franchir.

En fait, Rogers identifie 5 lois de diffusion qui régissent la façon dont une innovation se diffuse, et en particulier le franchissement du fossé : (1) procurer un **avantage relatif** par rapport à l'existant, (2) **être compatible** avec l'existant, y compris les croyances, (3) **ne pas apporter de complexité nouvelle**, (4) **pouvoir être essayée** sans s'engager, et (5) **être observable** chez les adoptants plus précoces. Comme Tarde il reconnaît qu'on peut être innovant pour une chose et conservateur pour une autre.

Rogers était aussi promoteur de l'éducation par le jeu (***éductainment*** en anglais), ex. dans le domaine de la santé.

Clayton Christensen (1952) – entretien/rupture, adoption par les entreprises

Le modèle d'innovation de **Christensen** identifie des périodes **d'innovation continue** et des moments de **rupture**. Il décrit la concurrence entre opérateurs traditionnels et opérateurs innovants, et comment un opérateur innovant devient traditionnel.

Selon Christensen, une **nouvelle technologie**, mais aussi un nouveau type de **service ou d'organisation**, est acceptée car elle rend de **nouveaux services**, mais pas forcément de façon très performante, et surtout elle peut être moins performante que les **technologies en place** pour les services classiques. Elle ne peut alors pas remplacer la technologie en place, et ne semble donc **pas la menacer**.

Cependant, la nouvelle technologie **s'améliore continument**, au début à la grande satisfaction de ses utilisateurs, mais en lui permettant aussi d'en gagner de **nouveaux** à cause de ses performances accrues. Dans le même temps, la technologie en place progresse aussi, mais ne rend toujours pas le nouveau service, et surtout commence à **sur-satisfaire** une partie de ses utilisateurs, qui rechignent à payer pour un service qu'ils **sous-emploient**.

La technologie en place est alors **menacée** par la nouvelle qui commence à lui prendre la part de marché des utilisateurs **sur-satisfaits**. Et la **rupture** viendra quand la nouvelle technologie satisfera la plupart des utilisateurs de l'ancienne.

Christensen explique que la technologie en place peut se défendre soit en **fuyant**, c-à-d. en se réfugiant dans les marchés les plus exigeants, les **marchés de niche**, soit en **contrattaquant**, c-à-d. en intégrant à son offre des services nouveaux.

Christensen s'intéresse à l'innovation d'un point de vue externe, c-à-d. à la façon dont les innovations sont reçues par le public, mais aussi d'un point de vue interne, c-à-d. à la façon dont les entreprises perçoivent la valeur d'une innovation.

Pour cela il souligne le rôle des **valeurs** dans le fonctionnement des entreprises. **Non explicitées**, elles orientent l'appréciation de la **performance** par les utilisateurs et les opérateurs, et expliquent des formes **d'aveuglement** que certains croient pouvoir reprocher à ceux qui n'ont pas vu les menaces.

Il explique qu'il est difficile de satisfaire à la fois un marché établi et un marché émergent. Christensen préconise de développer les nouveaux services dans des structures suffisamment indépendantes pour qu'elles puissent respecter **leurs propres valeurs** ; comme le font ces sociétés qui créent des **filiales *low cost*** plutôt que de développer un **service *low cost*** elles-mêmes.

Navi Radjou et Jaideep Prabhu (1970) – *jugaad innovation, low-tech*

Navi Radjou et Jaideep Prabhu popularisent un type d'innovation qui est quotidien dans les régions en voie de développement. Ces régions ne sont pas à l'origine des grands systèmes techniques, mais elles les adaptent, en créent des variantes, ou les transforment, dans un environnement de ressources matérielles souvent très limitées. L'historien **David Edgerton** choisit d'ailleurs de faire une histoire des techniques qui inclut leur développement hors de leur région de naissance.

Radjou et Prabhu parlent d'innovation de la débrouillardise, ***jugaad innovation***. Dans les régions plus riches la *jugaad innovation* est présentée comme un changement de perspective pour une innovation plus soucieuse de durabilité, de satisfaction de besoins vitaux, et des impacts sur la société et l'environnement : un modèle d'innovation responsable, parfois appelée **innovation durable**, ou **innovation *low-tech***, quand on insiste sur la rusticité des moyens.

Ce modèle d'innovation qui préconise de faire **mieux avec moins** doit être distingué de certains mouvements du design industriel qui proposent de faire **moins, mais mieux**, mais éventuellement très ***high-tech*** (***Weniger, aber besser***, selon Dieter Rams, 1932), ou aux mouvements minimalistes pour qui le **moins est le mieux** par nature (***Weniger ist mehr***, selon Ludwig Mies van der Rohe, 1886–1969).

Conclusion

Qu'ils soient économistes, sociologues, ou spécialistes du management, les grands auteurs de modèles de l'innovation ont adopté un point de vue historique. Il ne s'agit pas de fouiller l'histoire pour les anecdotes, mais d'en tirer des lois générales.

Tous insistent sur le fait que l'invention n'est pas l'innovation. L'innovation est dans **l'usage**. Certains comme Joseph Schumpeter dissocient même complètement les deux activités. Les sociologues s'intéressent à comment l'usage se répand et adoptent souvent des modèles de propagation d'épidémie. L'innovation a besoin d'être imitée pour réussir ; sans imitateurs il n'y aurait pas d'innovation.

La notion de **rupture** est plus galvaudée. Un des rares à la définir formellement est Clayton Christensen pour qui il y a rupture seulement lorsqu'il y a un changement de la structure du marché, ex. quand les ordinateurs sortent du marché professionnel ou de celui des hobbyistes pour entrer dans le marché grand public.

Ces modèles ne sont pas exclusifs. Que ce soit dans un souci de simplicité ou de part la spécialité de leurs auteurs, ces modèles n'envisagent souvent qu'une facette de l'innovation : le lien innovation-imitation, le lien innovation-invention, l'économie, le management ou le contexte social. Parmi les auteurs cités, Christensen est probablement celui qui couvre le plus de facettes dans une modélisation cohérente.

D'autres formes d'histoires d'innovation sont possibles. Par exemple, les innovations suscitent souvent des récits d'anticipation catastrophiste ou d'espérances démesurées. Mais ces récits appartiennent plus au champ de la littérature ou de la manipulation qu'à celui de l'analyse scientifique.

Bibliographie

- « ***The Innovator's Dilemna*** », Christensen (Harvard Business School, 1997). Suivent de nombreux ouvrages dans lesquelles Christensen applique son modèle à la santé, l'éducation, les transports aériens, l'informatique, etc.
- « ***Engines that move markets*** », Nairn (Wiley, 2002). Les récits d'innovations majeures, dont le train, le télégraphe et l'ordinateur, vu du monde de la finance.
- « ***Frugal Innovation – How to do More with Less*** », Radjou et Prabhu (PublicAffairs, 2014). Le lien entre innovation et développement durable.
- « ***The Innovators*** », Isaacson (Simon & Schuster, 2014). Une somme sur les innovateurs de l'informatique, de Ada Lovelace à Steve Jobs.

Histoires d'innovation

Olivier Ridoux
2020

Motivations

L'innovation se situe nécessairement dans le temps. Il y a un **avant** et un **après** une innovation. Mais l'innovation n'est pas instantanée ; elle a aussi un **pendant**. Et une fois rentrée dans les usages, une innovation continue d'évoluer. On peut donc s'intéresser à **l'histoire de chaque innovation**, de préférence sans se limiter à son émergence. On peut aussi étudier les relations des innovations entre elles ; comment une innovation en provoque une autre, comment l'une peut remplacer l'autre, etc. On s'intéressera alors à **l'histoire des innovations**. En prenant encore un peu de recul, on peut essayer de trouver des traits communs à ces histoires et proposer des lois ou des **modèles de l'innovation**. Mais ce point de vue évolue lui aussi. Le **discours sur l'innovation** a lui aussi une histoire.

Il est des innovations de toutes sortes. Le **feu** en est une, mais sans documents on ne peut que conjecturer son histoire. Les arts de la taille de la pierre ont aussi évolué et connu de nombreuses innovations. On peut les ordonner dans le temps, mais savoir comment chacun est apparu et s'est propagé n'est pas documenté. **L'agriculture** en est une autre. Elle est mieux documentée que l'innovation du feu, mais l'est encore insuffisamment pour notre propos. En effet, nous voudrions comprendre ce qui anime les innovateurs et les utilisateurs, et pour cela il faut des innovations suffisamment documentées pour en connaître les **acteurs**.

La quête des acteurs comporte un risque, celui d'idéaliser le rôle d'un acteur particulier, souvent un inventeur, et de négliger le rôle des autres. Ce risque est réel, même pour des innovations très contemporaines, et un des auteurs que nous allons étudier, **Robert King Merton**, lui a même donné un nom, **l'effet Matthieu**, d'après l'Évangile selon Saint-Matthieu : **« À celui qui a, il sera tout donné, à celui qui n'a rien, il sera tout enlevé »**. Les discours simplificateurs, simplistes, sur l'innovation se rendent souvent coupables de cette forme du culte du héro.

Compléments de lecture : développement de l'ordinateur, développement des chemins de fer et innovation.
Pliage : traits **gris** rentrants, traits **rouges** saillants. Découper selon le trait rouge entre les deux ●, puis achever le pliage.

Histoire des inventions et histoire des usages

L'innovation est souvent racontée comme une histoire des **inventions** et des **inventeurs**. Cela conduit à une quête effrénée de **l'antériorité**, ex. pour la machine à vapeur, la faire remonter à **Watt** (1769), voire **Newcomen** (1712), ou même **Papin** (1690), et pourquoi pas **Héron** (ca. 62), en omettant les plus de 200 ans d'innovations après Watt pour développer cette technologie. Le résultat est une histoire presque exclusivement ouest-européenne ou nord-américaine, masculine et blanche. Dans son livre ***The Shock of the Old***, **David Edgerton** parle d'une histoire racontée pour des **garçons de tous âges**.

Une autre façon de raconter l'innovation est de la raconter par les **usages** qu'elle introduit et par leur développement. **Edgerton** parle alors d'une histoire racontée aux **adultes de tous sexes**. Ex. son livre est une histoire mondiale, **globale**, du développement des usages ; il met en particulier l'accent sur le nécessaire entretien, la **maintenance**, de l'innovation initiale par un flot continu d'innovations d'amélioration qui ont lieu là où sont les usages, et pas forcément là où l'invention a eu lieu.

① Avant les transports ferroviaires

Le transport sur rail est très ancien. Dès le XVIe siècle, on en trouve des exemples dans les mines où les rails sont en bois et la puissance motrice est naturelle et externe au système (cheval ou homme). Au XVIIe siècle arrive le rail métallique, puis au XVIIIe siècle arrive le transport de personnes. Mais ce n'est toujours pas l'idée qu'on se fait du transport ferroviaire !

Ce qui manque est une puissance motrice embarquée dans le système. Son origine est aussi ancienne, mais vient d'ailleurs. À la charnière des XVIIe et XVIIIe siècle, **Denis Papin** (1647-1713) est crédité de l'invention d'un bateau à vapeur dont on ne sait pas grand chose. Dans la course à l'antériorité on trouve **Héron** en Grèce antique (Ier siècle), et l'utilisation de la vapeur pour réaliser des d'effets spéciaux dans les temples. À la même époque que Papin, **Thomas Newcomen** (1664-1729) et **Thomas Savery** (1650-1715) développent la première machine à vapeur qui sera vraiment commercialisée. Elle est conçue pour actionner les pompes d'exhaure des mines, et ne peut guère servir qu'à ça tellement elle est encombrante et gourmande en charbon. Un peu plus tard, **James Watt** (1736-1819) réalise la première étude scientifique de l'efficacité de ces machines. Il réussit à en améliorer le rendement de façon considérable, et à industrialiser son nouveau modèle. À une époque où naît la notion moderne de propriété intellectuelle, Watt se révèle un utilisateur agressif des brevets et habile à les contourner.

La sérendipité

Le mot ***serendipity*** a été inventé en 1754 par l'écrivain **Horace Walpole** (1717-97) d'après le conte des **Trois Princes de Serendip** (ancien nom persan de Ceylan) où trois princes se sortent d'aventures variées en tirant les conclusions les plus opportunes d'indices infimes. Suivirent des traductions et des dérivés (ex. ***serendipitous*** , ***szerendipitás*** et ***серендипность***, **sérendipité**, mais pas **sérendipiteux**).

C'est au XXe siècle qu'on commença à lui donner le sens de **découverte fortuite**, même si ce concept faisait l'objet de commentaires depuis longtemps : ex. **Pasteur** (1822-95) **« La chance ne sourit qu'aux esprits bien préparés »**.

L'aura de la sérendipité est souvent le prétexte à simplifier à outrance des histoires qui sont pourtant plus intéressantes dans leur complexité. Ex. **Spencer Silver**, chercheur de la société **3M** est crédité de l'invention du **Post-It**. Travaillant dans un département d'adhésifs industriels puissants, il découvre en **1968** une nouvelle formulation qui produit un adhésif **faible mais repositionnable**. Ce n'était pas l'objectif recherché mais c'est bien la caractéristique clé du Post-It. Raconté comme ça cela ressemble à un magnifique cas de **sérendipité**, mais la réalité est plus complexe car Silver ne voyait pas quoi faire de cet adhésif hors norme. Or 3M est une de ces sociétés qui octroient à leurs salariés du temps pour le développement de projets personnels. Silver fit donc un projet personnel de la valorisation de son adhésif.

Pendant 5 ans il consulta ses collègues, sa hiérarchie, ses clients pour trouver quoi faire de cet adhésif, en vain jusqu'à ce qu'il rencontre un collègue musicien amateur, **Arthur Fry**. Celui-ci cherchait un moyen de marquer ses partitions sans les abimer, et il entrevit tout de suite le potentiel de l'adhésif de Silver. Ils firent un prototype, mais un musicien amateur ne fait pas un marché, et il fallu **encore 5 ans** pour que Silver, Fry et 3M imaginent l'objet de papèterie que nous connaissons, et ce n'est qu'en **1980** que le produit Post-It entre sur le marché. Ici, la réalité est bien plus intéressante que la **fable sérendipitesque** car elle expose les difficultés de l'innovation et de son analyse.

N'oubliez jamais !

Un modèle est toujours imparfait, parfois utile, et c'est tout ce qu'on peut lui demander (d'après **George Box** 1978, voir aussi a contrario les cartes à l'échelle 1/1, parfaites mais parfaitement inutiles, de **Jorge Luis Borges** 1946 et **Lewis Carroll** 1893).

C'est spécialement le cas des modèles en sciences humaines et sociales qui décrivent des systèmes dont un des composants, nous les humains, est particulièrement imprévisible. Mais c'est un mal nécessaire pour faire des découvertes intéressantes. Les modèles d'innovation qui sont présentés ici ne doivent donc pas être jugés par rapport à la complexité du réel, mais par rapport aux explications qu'ils en donnent. Certains même permettent des prédictions, comme celui de **Christensen**.

Inversement, l'usage naïf qui en est trop souvent fait doit être condamné car il dénote une incompréhension de leur rôle de modèle. La carte n'est pas le territoire, et ne doit pas chercher à le devenir.

② La genèse des transports ferroviaires

Au tout début du XIXe siècle, **Richard Trevithick** (1771-1833) conçoit le premier train, mais il est freiné par de nombreuses difficultés : ex. la fragilité des rails ou de la machine à vapeur. Il invente beaucoup, mais sans grand succès ; ses inventions sont inutilisables, sauf une, le mot **locomotive**.

Les premiers succès viendront avec **George Stevenson** (1781-1848) qui le premier intégrera le transport ferroviaire comme un **système complexe** : les rails, le ballast, une jauge devenue quasiment universelle, le matériel roulant, les ouvrages d'art, la signalisation, le mobilier de gare, etc.

Les premières lignes commerciales sont réservées au transport des marchandises pour remplacer les canaux utilisés jusque là. La toute première, entre Stockton et Darlington, ouvre en 1825. On doit aussi à Stephenson la première ligne de passagers, entre Liverpool et Manchester en 1830.

① Histoire de l'ordinateur : la voie de la miniaturisation

L'histoire des innovations qui ont fait l'ordinateur d'aujourd'hui est souvent présentée comme une suite de miniaturisations (ex. **Une histoire de l'informatique**, de Philippe Breton, Seuil 1990, qui est plus une histoire de l'ordinateur que de l'informatique).

Selon cette histoire, l'ordinateur, apparu sous la forme de machines qui remplissaient un hall, a bénéficié de l'arrivée du transistor pour tenir dans quelques armoires (le ***mainframe***, pour l'entreprise), puis de l'arrivée du circuit intégré, pour tenir dans une petite armoire (le ***mini-ordinateur***, pour le service au sein d'une entreprise), puis de la loi de Moore pour tenir dans une boîte (le ***Personal Computer***, pour le particulier à domicile), un gros livre (le ***laptop***, pour la mobilité), un téléphone (le ***smartphone***, pour tous partout), une montre ou une tête d'épingle (***smartdust***).

Du point de vue de l'innovation, il est intéressant de noter que, hormis IBM, les fabricants d'ordinateurs ne survivent pas aux changements de génération. Il faut noter que la plupart de ces changement sont des ruptures selon Christensen car ils bouleversent la structure des marchés, et c'est cela qui empêche les fabricants d'y survivre.

Les Grandes Espérances [Charles Dickens, 1812-70]

Les grandes innovations qui changent la face du monde, ex. dans les domaines des transports, des communications, de la santé ou de l'énergie, suscitent toujours de grandes espérances qui donnent lieu à une autre forme de récits d'innovation qui combinent prospective, rêverie et utopie.

Par exemple, la citation suivante date du tout début du télégraphe électrique : « *For the highest and the lowest this simple power is alike beneficial. It purchases; it sells; it equalizes prices, it destroys monopoly; it places the poorest tradesman on a level with the wealthiest speculator; it renders commerce healthier; and it possesses that which has been said distinguishes most modern discoveries, it is as free to the peasant as to the prince; as open to the mean as to the mighty; it is controlled and controllable by all [John Francis, 1851].* ». Elle a été écrite à propos du télégraphe mais aurait pu aussi bien être écrite à propos du Web. Toutes les grandes innovations ont suscité des rêves similaires : abolition des distances, fin de toutes les guerres, énergie illimitée, fin des maladies, etc. Mais cela se passe rarement comme espéré.

③ Le développement des transports ferroviaires

À partir de **1825**, le transport ferroviaire britannique connaît une **bulle** de croissance (***a bubble***, cela s'appelait déjà comme ça) qu'on appelait la ***railwaymania*** et qui éclatera en **1845**. Ce sera 20 ans de spéculation euphorique, mais aussi de bilans truqués et de confusion des intérêts privés et publics. Le développement se fait essentiellement par des investisseurs se réunissant pour réaliser des liaisons prometteuses, des stratèges financiers cherchant à former des monopoles, mais sans pilotage politique. La *railwaymania* se propage très vite au monde entier, ex. avec des premières lignes en **1837** à Cuba et en Russie, **1848** en Guyane, **1853** en Inde et **1857** à Panama.

Les États-Unis seront touchés à partir de **1830**, mais dans des conditions différentes. Les distances y sont plus grandes qu'en Grande-Bretagne, mais l'acquisition des terrains y est plus facile car la population est moins dense. De plus, à cette époque les États-Unis sont en pleine expansion territoriale (ils n'occupent alors qu'1/3 de leur surface actuelle), et ils en profitent pour financer la construction du chemin de fer en octroyant aux entrepreneurs des terres dans les territoires nouvellement acquis (par la force ou autre). Le transport ferroviaire connaîtra ici-aussi une bulle, qui éclatera en **1870**.

L'éclatement de ces bulles ne stoppera pas l'essor des transports ferroviaires. Leur développement se poursuivra de façon plus planifié comme celui d'un élément de structuration des nations. En fait, la **bulle Internet** et son éclatement n'avait rien de nouveau.

② Histoire de l'ordinateur : la voie du hobbyiste

Une autre histoire des ordinateurs est une histoire d'amateurs éclairés. Elle débute avec des hobbyistes qui imaginent des ordinateurs à construire soi-même ; quelques années plus tôt la radio avait connu un engouement similaire, et aujourd'hui ces hobbyistes seraient des ***makers***. Les premiers kits, **Arkay CT-650** ou **Kenbak-1**, demandaient pas mal d'habileté, mais la commercialisation des premiers micro-processeurs (un processeur qui tient dans un unique circuit intégré), l'Intel 4004 en 1971, suivi du 8008 en 1972 et du 8080 en 1974, fut une aubaine pour les hobbyistes.

Des kits se sont très bien vendus, ex. le **Mark 8** de **Jon Titus** ou **l'Altair 8800** de **Ed Roberts** et **Forrest Mims,** des plans ont circulé, ex. dans des clubs comme le ***Homebrew Computer Club***, des programmes aussi, ex. l'interpréteur **BASIC**, et des pionniers ont vu le parti économique qu'on pouvait en tirer : **Steve Wozniak**, **Steve Jobs**, **Bill Gates**, **Paul Allen**, etc. Au début très rudimentaires, ces kits ont bénéficié d'un flot continu d'améliorations pour incorporer un clavier, un écran, de la mémoire, des périphériques, etc., et devenir des **Apple I** et **II**, des **Commodore PET** ou des **TRS-80**, …, des ordinateurs.

Et c'est à ce point, en 1981, qu'IBM décide de concevoir et commercialiser **l'IBM PC** dans un mode inhabituellement ouvert pour cette société, afin de ne pas subir une rupture, mais au contraire d'en être l'acteur.

Les effets inattendus du transport ferroviaire

Les premiers promoteurs du chemin de fer cherchaient une solution qui soit moins dépendante du relief que les canaux pour transporter des matières premières, des produits industriels, et des travailleurs. Mais le développement du chemin de fer a eu bien d'autres conséquences :

La création d'un système technique complexe. Le chemin de fer n'est pas que le résultat des progrès des machines à vapeurs. C'est un système complexe qui comprend de nombreuses facettes : techniques comme les **rails** (qui ont été un verrou bien après qu'on sache construire des machines efficaces), opérationnelles comme la **signalisation** (une des missions de la ***Railway Clearing House***, administration centrale des chemins de fer britanniques, créée en 1842), ou la **normalisation** des matériels (ex. la largeur des voies, 1,435 m, adoptée en 1846 d'après le ***Stockton and Darlington Railway*** de Stephenson), ou commerciales comme la **tarification** inter-réseaux.

La normalisation de la mesure du temps. Avant le développement des chemins de fer, le temps se mesurait **localement**, à l'heure solaire. Mais dès qu'il a fallu planifier des voyages sur des distances significatives en longitude (1° de longitude, soit environ 70 km au niveau de Londres, correspond à 4' d'écart d'heure locale), le besoin de normaliser la mesure du temps s'est fait sentir. Dès **1847**, les chemins de fer britanniques adoptent l'heure de **Greenwich** (**GMT**). Celle-ci est d'abord diffusée à l'aide de chronomètres transportés dans les trains, puis à partir de 1852, à l'aide du tout nouveau **télégraphe électrique**. L'heure GMT devient l'heure légale en **1880**. L'interconnexion des réseaux ferrés sur le continent et aux États-Unis intensifiera encore ce besoin et conduira à une solution planétaire par la **Conférence de Washington** en **1884**.

Des désordres sociaux. La construction des premières lignes est d'une complexité inhabituelle, mais elle utilise des moyens rudimentaires et dangereux. Elle emploie des centaines de milliers d'ouvriers (les ***navvies***) qui vivent de chantiers en chantiers dans des conditions sanitaires très précaires. Dès les années **1840**, un scandale éclate quand on s'aperçoit que la mortalité sur ces chantiers est supérieure à celle de la bataille de Waterloo. Autre désordre, en **1864** un **premier meurtre** est commis dans un train. Le public reçoit ce fait divers comme un scandale tant le chemin de fer était perçu comme un lieu à part, soumis à des lois nouvelles et idéales (chose revécue de nombreuses fois, et en particulier à l'avènement d'Internet).

Le développement du tourisme sous plusieurs aspects. D'abord, le train a permis de relier de grandes villes industrielles à des villes du bord de mer, et a ainsi popularisé des pratiques de masse nouvelles, comme le **tourisme balnéaire**. Ensuite, en s'interconnectant, surtout sur le continent, le chemin de fer a permis de relier des destinations lointaines, ce qui a créé le besoin des **agences de voyages** comme **Thomas Cook**, créée en 1841 par **Thomas Cook** (1808-1892).

Il est frappant de constater que ces conséquences inattendues du développement des chemins de fers se sont produites **brutalement**, en moins de 20 ans. On peut penser que c'est là justement le moment où le **système technique** chemin de fer se constitue. Inversement, de nombreuses prédictions catastrophistes ne se réalisèrent pas : ex. l'impossibilité physiologique de supporter une vitesse supérieure à celle d'un cheval, ou le risque d'efféminer les troupes transportées en train (**François Arago, 1838**).