

DOSSIER

LES CLAVIERS

Ce dossier a été coordonné par Paul BEAUD,
Patrice FLICHY et Christian LICOPPE

COMPRENDRE LES ASPECTS
ÉCONOMIQUES DE *QWERTY* :
la contrainte de l'histoire

Paul A. DAVID

© American Economic Association, 1985

© Réseaux n° 87 CNET - 1998

Parlant des historiens, Cicéron exige avant toute chose qu'ils ne racontent que des faits véritables. Pour l'occasion présente, j'ai l'intention de me conformer pleinement à mon devoir en vous offrant la narration d'un modeste morceau d'histoire économique dans lequel « un sacré machin ne fait qu'en suivre un autre »*. Le point principal de l'histoire apparaîtra assez clairement : il est parfois impossible de découvrir la logique (ou l'illogisme) du monde qui nous entoure si ce n'est en comprenant comment il a fait pour se présenter de cette manière. Une série de changements économiques dépendant du chemin parcouru (path-dependent) est une série dans laquelle des événements temporairement lointains, y compris des circonstances dominées par des éléments de hasard, plutôt que par des contraintes systématiques,

peuvent exercer d'importantes influences sur son éventuel résultat. De tels enchaînements aléatoires n'aboutissent pas forcément à une distribution des revenus prévisible, et sont dits *réfractaires à l'ergologie*. Dans des cas de ce genre, les « accidents historiques » ne peuvent ni être ignorés ni être nettement cernés pour les besoins de l'analyse économique. L'enchaînement dynamique lui-même revêt un caractère essentiellement historique.

Cette histoire isolée n'est qu'un simple exemple et ne donne pas d'indications sur la dimension du monde qui fonctionne de cette manière. Ceci reste une question empirique ouverte et je serais prétentieux si je déclarais que je l'ai résolue, ou si je voulais vous enseigner comment la traiter. Espérons seulement que ce récit (1) se révélera légèrement divertissant pour ceux qui attendent de savoir si l'étude de l'histoire économique est une nécessité pour produire de bons économistes et pourquoi ()

L'histoire de Qwerty

Pour quelle raison la rangée supérieure des lettres du clavier de votre ordinateur individuel peut-elle être épelée QWERTYUIOP, plutôt que n'importe quoi d'autre ? Absolument rien dans la technique des terminaux d'ordinateurs ne nécessite cette horrible disposition du clavier connue aujourd'hui sous le nom de « QWERTY ». Le clavier de Maltron, mis au point par une équipe britannique, se propose de sauvegarder le temps et les mouvements des clavistes en répartissant les touches selon des groupes plus adaptés. 91 % des lettres les plus fré-

(*) Ce qui suit est une version développée du texte qui a été publié sous le titre « Clio and the Economics of QWERTY » dans *The American Economic Review Papers and Proceedings*, vol. 75, n° 2 (mai 1985), pp. 332-7. Cet article ne reflète pas la volumineuse correspondance que j'ai reçue à la suite de la réunion de l'AEA à Dallas, Texas, portant sur les machines à écrire, les claviers, et autres illustrations des enchaînements dynamiques soumis aux circonstances de leur parcours, ni sur leurs représentations mathématiques. Je suis reconnaissant pour le soutien que le modeste échantillon de recherche qui se trouve ici a reçu sous la forme d'une subvention du *Technological Innovation Program du Center for Economic Policy Research* de l'université de Stanford. Douglas Puffert a fourni une aide compétente à ma recherche. Les textes et les références font état d'une partie mais non de l'ensemble de ma dette à l'égard des points de vue de Brian Arthur concernant QWERTY et les sujets de ce type. Je porte, bien entendu, toute la responsabilité des erreurs concernant les faits et leur interprétation, de même que celle des opinions excentriques sur l'histoire (et la sexualité) qui apparaissent dans ces pages.

(1) THURBER et WHITE, 1929

quemment utilisées en anglais se trouvent sur sa « rangée maison » contre seulement 51 % pour le clavier QWERTY. QWERTY contraint vos mains à « une course d'obstacles » c'est-à-dire à sauter vers le haut ou sur le côté, pour que les doigts puissent frapper les touches, environ 256 fois plus souvent qu'avec la disposition de Maltron dont le clavier incliné permet d'atteindre les lettres plus facilement.

Il est clair que les fabricants d'ordinateurs n'ont pas été persuadés par les exhortations antérieures de se défaire du QWERTY – ceci est vrai y compris pour les fabricants qui, il n'y a guère, au début des années 1970, se faisaient les apôtres du DSK (le clavier simplifié de Dvorak), dans des revues professionnelles comme *Computers and Automation*. Les fervents de la disposition de clavier brevetée en 1932 par August Dvorak et W. L. Dealey ont pendant longtemps détenu les records mondiaux de vitesse de frappe. À l'époque de la dactylographie manuelle, le handicap imposé par QWERTY était particulièrement lourd lors de concours sauf pour ceux qui disposaient d'une main gauche et de petits doigts anormalement robustes.

Qui plus est, dans les années 1940, des expériences pratiquées par l'US Navy avaient démontré que le gain d'efficacité obtenu avec le DSK amortissait le coût du recyclage d'un groupe de dactylographes dès les premiers dix jours consécutifs à leur emploi à plein-temps. Dvorak était un professeur d'éducation à l'université de Washington à Seattle. Il avait menée sa vie professionnelle en tant que disciple de Frank B. Gilbreth, le pionnier des études sur le temps et le mouvement, il était engagé dans la promotion de l'idée selon laquelle « les machines devaient être faites pour les hommes et non les hommes pour les machines ». Mais il mourut, en 1935, en homme déçu. Si Dvorak avait pris davantage à la lettre le slogan de Gilbreth et pensé aux hommes et femmes réels qui constituaient à l'époque le fonds disponible en dactylographes, il aurait pu s'épargner l'amère frustration du rejet de ses contributions. Les choses ont fait que

sa mort est intervenue trop tôt pour qu'il puisse se consoler avec le commutateur intégré de l'ordinateur Apple IIC qui convertit instantanément son clavier QWERTY en DSK virtuel, ou pour qu'il soit encore davantage tourmenté par des doutes concernant l'utilisation de ce commutateur et sa possible destinée de *curiosum* opposée à celle d'un réel argument de vente.

Si, comme le formulaire publicitaire d'Apple le souligne, DSK « vous permet une frappe de 20 à 40 % plus rapide », pour quelle raison cette conception de qualité supérieure se heurta-t-elle pour l'essentiel à la même résistance que les sept autres améliorations précédentes du clavier de dactylographie QWERTY qui furent brevetées aux USA et en Grande-Bretagne au cours des années 1909-1924 ? Serait-ce le résultat de l'habitude, d'un comportement irrationnel d'un nombre infini d'individus que leur socialisation portait à perpétuer une tradition technologique désuète ? Ou y aurait-il une conspiration de membres d'un oligopole des machines à écrire pour éliminer une invention qui, craignaient-ils, en accroissant la productivité de chaque dactylographe, restreindrait finalement le demande pour leurs machines ? Dvorak lui-même suggéra en une certaine occasion que quelque chose de ce genre se trouvait à la racine de l'apparent désintérêt des fabricants de machines à écrire pour son brevet. Mais peut-être faut-il plutôt nous tourner vers l'autre « Théorie du Diable » également populaire, et nous demander si le régime politique et son interférence avec le fonctionnement d'un « marché libre » a été la cause d'une planification inefficace des claviers ? Peut-être que le blâme doit porter sur le système scolaire public, comme pour tout ce qui va de travers ?

D'une certaine façon, vous pouvez déjà pressentir que ce qui précède ne représente pas les directions les plus prometteuses pour expliquer, d'un point de vue économique, la prédominance actuelle du QWERTY. Les hommes d'affaires investis dans les décisions de production ou d'achat du marché actuel des claviers

ne sont prisonniers ni des coutumes, ni de conspirations, ni d'un contrôle étatique. Mais alors qu'ils sont, ainsi que nous le disons à présent, parfaitement « libres de choisir » leur comportement n'en est pas moins solidement agrippé par des événements oubliés depuis longtemps, et formé par des circonstances qui ne les touchent pas plus eux-mêmes que leurs intérêts. Comme les grands hommes sur lesquels Tolstoï écrit dans *Guerre et Paix* (Livre IX, ch 1), « la moindre de leurs actions, qui leur paraît un acte de leur propre et libre volonté, n'est dans une acception historique aucunement libre, mais prise sous la férule de l'ensemble de l'histoire qui l'a précédée ».

Ceci, cependant est une histoire courte, ce qui fait qu'elle débute il y a juste un peu plus d'un siècle, avec le cinquante-deuxième inventeur de la machine à écrire Christopher Latham Sholes était imprimeur de métier et bricoleur par inclination. Aidé par ses amis Carlos Glidden et Samuel W Soule qui, comme lui, au cours des années 1860, passaient une grande partie de leur temps à traîner autour du magasin de mécanique de C F Kleinstuber à l'extrémité nord de Milwaukee, Wisconsin, il avait fabriqué une machine à écrire primitive pour laquelle un brevet d'application fut déposé en octobre 1867. De nombreux défauts de fonctionnement de la « Machine à Écrire » de Sholes empêchaient sa commercialisation immédiate. Par le fait que le point d'impression était localisé en dessous du chariot de papier, il était quasiment invisible pour l'opérateur. « Le manque de visibilité » resta une caractéristique malheureuse des autres machines à écrire à propulsion ascendante longtemps après que le chariot pour papier plat du modèle original eut été remplacé par un autre mécanisme ressemblant de près au rouleau porte-papier continu actuel. Par conséquent, la tendance des barres de frappe à s'entrechoquer et à se coincer lorsqu'elles étaient actionnées rapidement à la file était un défaut particulièrement sérieux. Lorsqu'une barre s'immobilisait sur ou près du point d'impression, chaque frappe suivante ne faisait que

matteiler la même empreinte sur le papier. Mais le chapelet de lettres répétées ne se découvrait qu'à la fin du paragraphe, ou chaque fois que le dactylographe se donnait la peine de soulever le chariot pour vérifier ce qui avait été imprimé. Démêler ensuite les barres coincées était une manœuvre à la fois désagréable et dévoreuse de temps. À côté d'elle le reste ne relevant que d'ennuis secondaires glissement du mécanisme d'échappement du chariot d'entraînement du poids, ou tendance de ce même poids à se détacher et à s'abattre sur le pied du dactylographe.

Poussé en avant par l'optimisme intimidant de James Densmore, le promoteur capitaliste aventureux qu'il avait accepté dans la société en 1867, Sholes se battit pendant les six années qui suivirent pour perfectionner « la machine ». Ce fut dans ce pénible intervalle qu'un clavier en forme de buffet supérieur à quatre rangs, se rapprochant du modèle QWERTY, émergea des réarrangements tâtonnants de l'inventeur. Partant du modèle original dans lequel les touches se présentaient en ordre alphabétique, il s'efforça de réduire la fréquence des chocs entre les barres de frappe. Des vestiges de la disposition première subsistaient, comme ils le font aujourd'hui, dans la série de la rangée maison FGHJKL avec le « I » tout proche dans la seconde rangée. En mars 1873, Densmore, aidé par un vendeur au doux parler qui s'appelait George Washington Yost, réussit à placer les droits de fabrication de la « machine à écrire » Sholes-Glidden, fortement modifiée, auprès de Remington et fils, les célèbres industriels de l'armement. Au cours des quelques mois suivants, l'évolution de QWERTY était virtuellement achevée par des mécaniciens de Remington, William Jenne et Jefferson Clough. Leurs nombreuses modifications comprenaient quelques subtils ajustements de la configuration du clavier au cours desquels le « R » se hissa à la place précédemment allouée à la notation de fin de phrase « ».

QWERTY s'est ainsi élaboré primitivement en tant que solution fortuite à un pro-

blème de conception technique posé par la fabrication d'une machine à écrire capable de fonctionner de manière fiable à une allure significativement plus rapide que celle d'un copiste manuel. Des considérations de marketing ont également pu jouer un rôle dans les brassages du clavier final de Jenne et Clough, il a été suggéré que l'avantage principal découlant du fait de placer le R dans QWERTY était tel qu'ainsi toutes les lettres dont un vendeur pouvait avoir besoin pour impressionner les clients, en sortant rapidement le nom de la marque TYPE WRITER, se trouvaient rassemblées dans une seule rangée.

Il n'empêche qu'au départ les chances commerciales de la machine à laquelle la destinée de QWERTY était désormais liée restèrent extrêmement précaires. Le marasme économique des années 1870 ne créait pas les meilleures conditions pour vendre aux Américains un nouvel élément de bureau coûtant 125\$ l'unité. Mais, lorsque la dépression cessa, au début des années 1880, les ventes du Modèle amélioré N° 2 de Remington (mis sur le marché, en 1878, perfectionné par un chariot récemment breveté concernant les touches majuscules) commencèrent à se frayer un chemin, la production annuelle des machines à écrire atteignit le chiffre de 1 200 unités en 1881. Mais le marché conquis antérieurement par QWERTY était très faible puisqu'en ce nouveau début de décennie, l'ensemble du stock de machines ne devait pas dépasser de beaucoup le nombre de 5 000 dans tous les États-Unis.

Son avenir, lui non plus, n'était pas protégé par des nécessités technologiques irréductibles. En effet, il existait des moyens de fabriquer une machine à écrire sans le mécanisme de barres de frappe à propulsion ascendante qui avait fait naître l'adaptation QWERTY et des conceptions rivales commencèrent à apparaître sur la scène américaine, sans parler de celles qui étaient déjà implantées en Europe. Une conception à propulsion descendante avec un point d'impression « presque visible » fut brevetée à New York en 1889 par Charles Spiro sous le nom de machine à

écrire BAR-LOCK, pour être suivie une année après par la première machine à propulsion descendante, présentant une entière visibilité, fabriquée par la Daugherty Typewriter Co de Pennsylvanie. En 1893, la conception primordiale de Francis X. Wagner d'une machine à propulsion frontale visible comportant un clavier de quatre rangées fut brevetée, et trois ans plus tard reprise par le fournisseur de machines à écrire John Underwood pour devenir le prototype de toutes les machines perpendiculaires à propulsion frontale qui suivirent. L'action de la propulsion frontale et la visibilité amoindrirent grandement les problèmes d'enchevêtrement des barres de frappe qui étaient la raison originale de l'existence de QWERTY.

Pendant ce temps, pour en revenir à 1878, lorsque Remington venait de sortir le Modèle 2 et que toute l'entreprise chancelait au bord de la faillite, la roue d'impression permettait un choix alternatif, plus radical mais immédiatement disponible, à la technique des barres de frappe. Elle avait été utilisée pour la machine à écrire datant de 1866 de l'Anglais John Pratt, dont la description fatidique parue dans le magazine *Scientific American* fut montée à notre héros Sholes, au cours de l'année suivante, par son ami Glidden. En plus de cela, en 1872, un brevet avait été déposé pour un système d'impression à roue électrique par un jeune mécanicien de l'*Automatic Telegraph Co de New York*. Ce personnage n'était autre que Thomas Edison, lequel, ayant aidé à améliorer l'un des nombreux modèles expérimentaux Sholes-Glidden en 1870 environ, se prépara ensuite à prouver qu'il pouvait fabriquer un meilleur instrument d'impression des télégrammes que la machine fortement recommandée à ses employeurs par Densmore et Sholes. Cette invention précise d'Edison commença à être utilisée pour les appareils Télétypes, laissant à un autre instrument introduit en 1879 par un ancien employé de Remington, Lucien Stephen Crandall, l'honneur d'être la seconde machine à écrire à atteindre le marché américain. Elle fut aussi la première venue

commerciale qui contournait le problème du heurt des barres de frappe en se débarrassant d'elles entièrement, au profit d'une organisation de l'impression sur un manche cylindrique. Le manche était fait pour tourner jusqu'à la lettre désirée et pour descendre vers le point d'impression, en s'immobilisant sur place afin de créer un alignement correct. Cela ressemble beaucoup à ce qu'allait être la marque distinctive « révolutionnaire » de la conception en « balle de golf » du 72/82 d'IBM !

Tôt peu de temps après cela, en 1881, les premières unités de remplacement du système des barres de frappe, dues à James Bartlett Hammond, apparurent sur le marché. Elles utilisaient un secteur d'impression à mouvement de bascule pour garantir un meilleur alignement et un marteau tampon en caoutchouc situé derrière le papier pour améliorer encore l'égalisation de la composition. Tandis que le premier modèle de Hammond était offert avec un clavier courbe de deux rangées, l'introduction de son Modèle 2, en 1893, rendit également disponible une disposition carrée de trois rangées. Libérée de l'héritage des barres de frappe, la disposition des touches offerte par Hammond fut dès les débuts plus sensée que QWERTY. Son clavier dit « idéal » plaçait la série DHIATENSOR dans la rangée d'appui, ces dix lettres permettant de composer plus de 70 % des mots de la langue anglaise. La même disposition idéale fut plus tard celle de la petite machine dactylographique portable à roue avec un clavier de trois rangées et un double redressement, brevetée d'abord en 1889 et estampillée Modèle 5 par la *Blickensderfer Manufacturing Company* en 1893. (On remarquera que Dvoiak utilisait également ces dix lettres dans la rangée d'appui de son clavier, AOEUIDHTNS, mis à part le remplacement du R par le U.)

Les débuts du boom des machines à écrire dans les années 1880 avaient ainsi été témoins d'une prolifération rapide de conceptions concurrentes, les sociétés de fabrication et les dispositions des claviers rivalisant avec le QWERTY de Sholes-Remington. Cependant, au milieu de la décennie suivante, juste au moment où il

était apparu évident que toute raison micro-technologique attachée à la prédominance de QWERTY serait balayée par les progrès de fabrication des machines à écrire, l'industrie américaine se dirigea rapidement vers un modèle d'appareil tout droit, à propulsion frontale et avec un clavier QWERTY de quatre rangées désigné comme « L'Universel ». Les spécialistes divergent sur la date exacte, mais il apparaît qu'un jour, vers 1896, George Blickensderfer commença à offrir « L'Universel » comme option alternative au clavier Idéal pour les diverses machines de l'illustre ligne « Blick ». Hammond de son côté semble s'être mis au pas, en offrant la même option, au moins à partir de 1905.

Qwerty-nomie fondamentale

Pour comprendre ce qui s'était produit au cours de cette période fatidique, l'économiste doit prêter attention au fait que les machines à écrire commençaient à trouver leur place en tant qu'élément de larges systèmes de production, plutôt complexes, nécessitant des liaisons entre les différents éléments. Ce système impliquait les dactylographes aussi bien que les machines à écrire, et par conséquent les organes de décision dont il relevait comprenaient d'autres instances que les fabricants et les acheteurs du matériel dactylographique. Il y avait les dactylographes qui fournissaient aux employeurs un travail spécialisé et toute une variété d'organismes publics ou privés, qui se chargeaient de former les gens à ce métier. Pire encore pour les conséquences, le fait que, contrairement au sous-système matériel dont faisait partie QWERTY et d'autres claviers, ce système global n'avait pas le moindre concepteur. Il ne faisait pas partie dès le départ des rêves de Sholes, de Glidden, de Densmore pas plus que de ceux de Philo Remington. À l'inverse, comme le proverbial Topsy et beaucoup d'autres choses dans l'histoire de l'économie, « ça avait poussé et puis voilà ».

Une formation concernant les machines à écrire commença à être offerte par des

écoles commerciales privées de la ville de New York, peu de temps après la mise à disposition des premières machines Remington, mais l'enseignement portait avant tout sur la maîtrise des opérations mécaniques, la dactylographie *per se* ne venant qu'après. En 1880, l'entreprise N T Underwood publia l'un des premiers manuels d'enseignement contenant « des exercices conducteurs reliés à un guide spécifique pour corriger l'utilisation des doigts », mais de quelques doigts seulement. Ce n'est qu'en 1882 que l'innovation radicale d'une méthode dactylographique pour huit doigts fut émise par la propriétaire de l'Institut Longley de sténographie et de dactylographie de Cincinnati. Il se trouvait que sa brochure était « adaptée aux derniers modèles de machines à écrire Remington ». Cette même année, l'agence new-yorkaise Wyckoff, Seamans & Benedict, venant tout juste d'acheter à l'entreprise E Remington & Sons les droits de vente de la Type Writer Remington pour le monde entier, commença à promouvoir son produit en imitant un autre mode d'enseignement innovateur, récemment introduit par la City's Central Branch de l'YWCA. Celle-ci avait mis sur pied, au cours de l'année 1881, une classe expérimentale pour enseigner la dactylographie à huit jeunes femmes et, en dépit des prédictions critiques selon lesquelles cette activité était destinée à rester une occupation masculine, chacune des femmes diplômées avait rapidement trouvé du travail. Les écoles de dactylographie Remington se joignirent rapidement au secteur privé et aux « collèges » de sténographie qui naissaient maintenant dans toutes les villes principales.

Cependant, la brochure *Typewriter Lessons* de Mrs L V Longley n'était pas suffisante pour l'emporter immédiatement auprès des partisans de la dactylographie à huit doigts. Cette dame était dénoncée de façon répétée dans les pages du *Cosmopolitan Shorthand* et finalement fut mise au défi de prouver ses dires par un autre professeur de dactylographie de sa propre ville. Le challenger, un certain Louis Taub, défendait la supériorité de la dactylogra-

phie à quatre doigts sur la Caligraph. Celle-ci était une machine sortie en 1881 par l'ancien partenaire de Densmore, Yost. Elle se trouvait équipée d'un clavier de six rangées auquel était adapté des boîtiers de touches supérieures et inférieures pour compenser l'absence d'action de redressement de la Remington. En 1888, quand fut organisé le premier concours public de vitesse en dactylographie, lequel mettait à l'épreuve ces systèmes opposés, l'honneur de Mrs Longley et de la Remington était défendu par un sténographe de la Cour fédérale de Salt Lake City qui avait appris tout seul à taper sur la Remington N° 1 dès 1878. Frank E McGurkin qui prit place dans les listes comme étant leur champion face à Louis Taub, avait déjà acquis une célébrité en faisant des démonstrations d'un bout à l'autre de l'Ouest devant des auditoires haletants, parce que non seulement il faisait valoir une technique « de l'ensemble de doigts » mais que, de plus, il connaissait le clavier QWERTY par cœur. Nous ne saurons jamais s'il aurait été capable du même exploit avec les 72 touches de la machine Caligraph.

L'arrivée de la dactylographie « d'effleurement », terme forgé pour la méthode de McGurkin dans un manuel d'enseignement de cette discipline publié en 1889, donna naissance à trois caractéristiques du système de production en devenir qui furent d'une importance décisive car elles entraînaient la « mise sous scellés » de QWERTY en tant que disposition dominante du clavier. Ces trois caractéristiques étaient la *relation technique mutuelle*, la *conservation de la gamme* et la *quasi-irréversibilité* de l'investissement. Elles constituent les ingrédients de base de ce qu'on pourrait appeler la QWERTY-nomie.

La *relation technique mutuelle*, ou la nécessité d'une compatibilité entre le « hardware » du clavier et son « software » représenté par la mémorisation par le dactylographe d'une disposition définie des touches, avait pour conséquence que la valeur présente attendue d'une machine à écrire en tant qu'instrument de production dépendait de la disponibilité d'un « soft-

ware » compatible, créé par les décisions des dactylographes concernant le type de clavier qu'ils pensaient devoir adopter pour s'entraîner. Avant le développement du marché des machines à écrire individuelles, les acquéreurs du « hardware » étaient de manière typique des firmes commerciales, par conséquent distinctes de ceux qui possédaient un savoir-faire de dactylographe. À l'époque et plus tard, les firmes dans leur ensemble étaient peu motivées pour investir en fournissant à leurs employés une forme de capital humain général qu'elles pouvaient aussi facilement prendre au dehors. (Notons que c'est l'US Navy des temps de guerre, et non pas un employeur classique, qui entreprit l'expérience de reconverter des dactylographes au clavier de Dvorak.) Les décisions d'investissement des soi-disant dactylographes et l'offre conséquente d'employés de bureaux possédant cette compétence restait de ce fait largement en dehors du contrôle individuel des acheteurs du marché des machines à écrire sous leur forme matérielle. Néanmoins, l'achat d'un clavier QWERTY par un employeur potentiel modifie l'équilibre des compétences. Au point que les probabilités de voir par la suite les futurs dactylographes choisir une formation à QWERTY, de préférence à une autre méthode dont le stock de « hardware » ne serait pas aussi important, s'en trouverait accrues. C'est ainsi, que l'ensemble des coûts d'utilisation du système de dactylographie QWERTY (ou de n'importe quel clavier particulier) avait tendance à *décroître* parallèlement à l'accueil qu'il recevait par rapport aux autres systèmes. Pour l'essentiel, le marché serait porteur d'une situation symétrique en ce qui concerne l'enseignement de la dactylographie. Ici, la décision des dactylographes de suivre une formation pour le clavier QWERTY augmenterait la valeur des machines équipées de QWERTY aux yeux de leurs employeurs propriétaires de machines. En accroissant la probabilité de voir installer ces machines-là de préférence à d'autres, on élèverait les chances de voir d'autres futurs dactylographes en tirer la consé-

quence qu'il fallait opter pour une formation basée sur le méthode QWERTY.

Cette situation de diminution des coûts – ou les économies d'échelle du système – avaient un certain nombre de conséquences, parmi lesquelles, sans aucun doute, la plus importante était la tendance qu'avait le processus de compétition interne à se diriger vers une standardisation *de facto*, dominée par une seule conception du clavier. Dans une intention analytique, la question peut être simplifiée en supposant que, uniformément, les acheteurs de machines à écrire n'avaient aucune préférence propre à propos des claviers, et se préoccupaient seulement de savoir de quelle manière le stock des dactylographes se répartissait entre les différents types particuliers de claviers. D'un autre côté, on peut supposer que les candidats à l'apprentissage de la dactylographie étaient hétérogènes par rapport à leur préférence envers la connaissance de la « frappe » basée sur QWERTY, par opposition à d'autres méthodes, mais également attentifs à la façon dont le stock de machines se répartissait à partir des types de claviers. Si nous imaginons cette population hétérogène décidant selon un ordre aléatoire quel genre de formation dactylographique acquérir, nous pourrions voir qu'avec des coûts de sélection décroissants de façon illimitée, chaque décision stochastique en faveur de QWERTY augmentera la probabilité (mais non la garantie) que le prochain sélectionneur favorisera QWERTY. Du point de vue de la théorie formelle des processus stochastiques, ce que nous contemplons à présent équivaut à un schéma généralisé de l'urne de Polya. Dans un schéma simple de cette sorte, une urne contient des boules de diverses couleurs et un stock de remplacement. À chaque tirage d'une boule d'une couleur donnée, une seconde boule de la même couleur est retournée dans l'urne, les probabilités selon lesquelles des boules de couleurs données seront ajoutées, sont donc une fonction croissante des proportions dans lesquelles les couleurs données sont représentées dans l'urne. Un théorème récent dû à Arthur, Ermoliev et

ware » compatible, créé par les décisions des dactylographes concernant le type de clavier qu'ils pensaient devoir adopter pour s'entraîner. Avant le développement du marché des machines à écrire individuelles, les acquéreurs du « hardware » étaient de manière typique des firmes commerciales, par conséquent distinctes de ceux qui possédaient un savoir-faire de dactylographie. À l'époque et plus tard, les firmes dans leur ensemble étaient peu motivées pour investir en fournissant à leurs employés une forme de capital humain général qu'elles pouvaient aussi facilement prendre au dehors. (Notons que c'est l'US Navy des temps de guerre, et non pas un employeur classique, qui entreprit l'expérience de reconverter des dactylographes au clavier de Dvorak.) Les décisions d'investissement des soi-disant dactylographes et l'offre conséquente d'employés de bureaux possédant cette compétence restait de ce fait largement en dehors du contrôle individuel des acheteurs du marché des machines à écrire sous leur forme matérielle. Néanmoins, l'achat d'un clavier QWERTY par un employeur potentiel modifie l'équilibre des compétences. Au point que les probabilités de voir par la suite les futurs dactylographes choisir une formation à QWERTY, de préférence à une autre méthode dont le stock de « hardware » ne serait pas aussi important, s'en trouverait accrues. C'est ainsi, que l'ensemble des coûts d'utilisation du système de dactylographie QWERTY (ou de n'importe quel clavier particulier) aurait tendance à *décroître* parallèlement à l'accueil qu'il recevait par rapport aux autres systèmes. Pour l'essentiel, le marché serait porteur d'une situation symétrique en ce qui concerne l'enseignement de la dactylographie. Ici, la décision des dactylographes de suivre une formation pour le clavier QWERTY augmenterait la valeur des machines équipées de QWERTY aux yeux de leurs employeurs propriétaires de machines. En accroissant la probabilité de voir installer ces machines-là de préférence à d'autres, on élèverait les chances de voir d'autres futurs dactylographes en tirer la consé-

quence qu'il fallait opter pour une formation basée sur la méthode QWERTY.

Cette situation de diminution des coûts – ou les économies d'échelle du système – avaient un certain nombre de conséquences, parmi lesquelles, sans aucun doute, la plus importante était la tendance qu'avait le processus de compétition interne à se diriger vers une standardisation *de facto*, dominée par une seule conception du clavier. Dans une intention analytique, la question peut être simplifiée en supposant que, uniformément, les acheteurs de machines à écrire n'avaient aucune préférence propre à propos des claviers, et se préoccupaient seulement de savoir de quelle manière le stock des dactylographes se répartissait entre les différents types particuliers de claviers. D'un autre côté, on peut supposer que les candidats à l'apprentissage de la dactylographie étaient hétérogènes par rapport à leur préférence envers la connaissance de la « frappe » basée sur QWERTY, par opposition à d'autres méthodes, mais également attentifs à la façon dont le stock de machines se répartissait à partir des types de claviers. Si nous imaginons cette population hétérogène décidant selon un ordre aléatoire quel genre de formation dactylographique acquérir, nous pourrions voir qu'avec des coûts de sélection décroissants de façon illimitée, chaque décision stochastique en faveur de QWERTY augmentera la probabilité (mais non la garantie) que le prochain sélectionneur favorisera QWERTY. Du point de vue de la théorie formelle des processus stochastiques, ce que nous contemplons à présent équivaut à un schéma généralisé de l'urne de Polya. Dans un schéma simple de cette sorte, une urne contient des boules de diverses couleurs et un stock de remplacement. À chaque tirage d'une boule d'une couleur donnée, une seconde boule de la même couleur est retournée dans l'urne, les probabilités selon lesquelles des boules de couleurs données seront ajoutées, sont donc une fonction croissante des proportions dans lesquelles les couleurs données sont représentées dans l'urne. Un théorème récent dû à Arthur, Emoliev et

Kaniovski (2) nous permet de dire que lorsque des formes généralisées de tels processus (caractérisés par des retours croissants) s'étendent indéfiniment, les probabilités de sélection approchent finalement une fonction limite (s'il en existe une) et la part proportionnelle de l'une des couleurs convergera, avec la probabilité un, vers l'unité

Il peut exister de nombreux candidats éligibles à la suprématie, et à partir d'une position avantageuse *ex ante* nous ne pouvons pas dire avec une certitude correspondante laquelle parmi les couleurs rivales – ou les dispositions de claviers rivales – sera celle qui triomphera finalement. Cette partie de l'histoire à des chances d'être gouvernée par des « accidents historiques », ce qui revient à dire par la séquence particulière des choix pratiqués de façon rapprochée des débuts du processus. C'est là que les facteurs essentiellement aléatoires, transitoires, sont le plus à même d'exercer une grande pression, ainsi que l'a montré nettement le modèle d'Arthur (3) sur les dynamiques de la compétition technologique en fonction des retours croissants.

L'intuition suggère que si les choix étaient faits en regardant vers l'avant, et non avec myopie sur la base de comparaisons entre les coûts du moment des différents systèmes, le résultat final pourrait être fortement influencé par les espérances que des investisseurs mettraient dans les composantes d'un système – la qualification pour une dactylographie spécifique d'une part, des machines à écrire spécifiques d'autre part – finiraient par avoir une influence sur les décisions que prendraient les autres agents. Un système donné peut triompher de ses rivaux simplement parce que les acquéreurs du « software » (et/ou du « hardware ») s'attendent à ce qu'il triomphe. Cette intuition semble être confirmée par des analyses formelles de marché dans lesquelles des

acquéreurs de produits rivaux bénéficiaient d'apports extérieurs conditionnés par la taille du système compatible ou « réseau » auquel ils se trouvaient de ce fait reliés. Katz et Shapiro (4) et Hanson (5) ont récemment démontré le rôle crucial joué par la conviction, à la fois dans les jeux statiques et dynamiques relevant respectivement de ce genre de duopole. Ainsi, bien que l'avance précoce acquise par QWERTY à travers son association initiale avec la Remington ait été quantitativement bien mince, lorsqu'elle fut renforcée par les espérances, ce pouvait être parfaitement suffisant pour garantir que l'industrie se fixerait finalement *de facto* sur un standard QWERTY.

Le surgissement de ce verrouillage, dès le milieu des années 1890, semble être également lié à d'autres causes. Les économies d'échelle conventionnelles font partie de l'histoire, par le fait qu'elles furent bientôt exploitées par les écoles commerciales privées qui enseignaient à taper à la machine à de jeunes gens à travers l'utilisation de manuels d'instruction. L'impact de ces institutions sur l'étendue de l'offre de dactylographes habitués à QWERTY demeura mineur par comparaison avec les systèmes des lycées publics, lesquels, à une époque beaucoup plus tardive, dans les années 1920, commencèrent à inclure la dactylographie dans leurs programmes de matières commerciales. Il n'empêche que les activités des écoles de commerce qui enseignaient la sténographie et la dactylographie à la fin des années 1880 et au début des années 1890, les mirent en contact à la fois avec des employeurs éventuels et avec des agences de vente de machines à écrire. Un appui considérable fut ainsi offert au groupe numériquement minuscule de professeurs pionniers de la dactylographie qui avaient pris l'habitude d'utiliser le clavier QWERTY.

(2) ARTHUR, ERMOLIEV et Yuri M. KANLOVSKI, 1983, pp. 61-71 et 1984.

(3) ARTHUR, 1983.

(4) KATZ et SHAPIRO, 1983.

(5) HANSON, 1984.

La signification stratégique de ce dernier point apparaît plus pleinement lorsque l'on considère le troisième élément fondamental faisant partie de ceux que j'ai énumérés comme ayant été fournis par l'introduction de la dactylographie. Cet élément est constitué par les coûts élevés de la « conversion en matière de software » et, par conséquent, la *quasi-irréversibilité de l'investissement* dans la formation de la force de travail. Le capital humain qui s'est formé par l'apprentissage de la dactylographie est remarquablement durable, car cette faculté ressemble à celles de la conduite d'un bicyclette ou de la natation, par le fait qu'une fois maîtrisées, elles sont longtemps retenues à un certain niveau fonctionnel et peuvent être améliorées rapidement par la pratique. De plus, une fois qu'un programme de dactylographie spécifique a été « installé dans la mémoire », il devient tout à fait coûteux (en temps de reconversion et en erreurs de frappe) de convertir le dactylographe à un programme différent. Ainsi, pour ce qui concerne les coûts de conversion des claviers, il est apparu une importante dissymétrie entre les composantes « software » et « hardware » du système de dactylographie en évolution. Les coûts de conversion « software » de la dactylographie s'élevaient, alors même que les coûts de conversion « hardware » des machines à écrire baissaient. Tandis que les nouvelles technologies sans barres de frappes apparaissaient, au cours des années 1880, libérant les claviers de leur assujettissement technique à QWERTY, les fabricants des marques de machines à écrire étaient du même coup libérés d'un assujettissement à un coût lié à une disposition particulière du clavier. Mais, les fabricants qui adoptèrent ces progrès de l'ingénierie trouvaient qu'il était très bon marché de fournir l'option QWERTY à tout client qui le préférerait aux autres claviers qu'ils offraient. Le marché était, pour les producteurs, porteur d'un encouragement à une standardisation volontaire, au moins dans cet attribut-là, par la révélation de la supériorité démontrée de la dactylographie sur la base de QWERTY par rapport à la méthode

« chasse-et-picote » à quatre doigts. Curieusement, aucune épreuve publique ne semble avoir été organisée au cours des années 1890, afin de déterminer si ou non un clavier « chasse-et-picote » utilisant le clavier Ideal, à meilleur rendement, aurait été également battu par les semblables de Franck McGurin (utilisant QWERTY). Mais il n'apparaît pas clairement que le résultat aurait pu avoir une quelconque importance à l'époque.

Il suffisait que les fabricants de machines non équipées de QWERTY puissent s'adapter rapidement à bon marché pour obtenir la compatibilité avec les dactylographes programmés pour QWERTY qui, eux, ne pouvait faire l'inverse. Pour un producteur nouvellement lancé dans le marché des machines à écrire, l'attrait de l'expansion rapide de sa part de marché. Et ceci signifiait pourvoir aux besoins de la « base installée » existante de dactylographes programmés pour QWERTY, bien que, avec la victoire de McGurin sur Taub en 1888, une décennie plus tôt, un petit événement au moins aurait dû advenir. Mes propres estimations pour 1900, fondées sur un échantillon des inventaires manuscrits du recensement américain de cette année-là, indiquent qu'il y avait dans le pays quelque 8 200 à 9 200 dactylographes (souvent appelés dactylos autrefois et nommés aujourd'hui clavistes) employés à plein temps, parmi lesquels au moins 5 500 étaient entrés dans l'arène aux cours des dix années précédentes, au moment où la frappe fondée sur QWERTY devenait en vogue. Jusque-là, les femmes américaines, de manière usuelle, se retiraient de la force de travail lors du mariage, et l'âge moyen au moment du mariage diminuait chez les Blanches natives du pays qui formaient la plus grande partie des employées de bureau féminines, mais le marché potentiel du personnel dactylographique représenté par le stock d'employés formés à QWERTY doit avoir frappé les observateurs contemporains comme étant considérablement plus important et en expansion stable. Ceci donc, était une situation dans laquelle les

nécessités de la vitesse de frappe avaient rendu profitable à court terme la stratégie qui permettait d'adapter les machines aux hommes (ou, comme c'était de plus en plus le cas, aux femmes) plutôt que l'inverse. Et l'affaire a continué ainsi depuis lors.

Message

Plutôt qu'avec une morale, je voudrais conclure avec un message de foi et d'espérance. L'histoire de QWERTY est une histoire plutôt curieuse pour les économistes. En dépit de la présence de cette sorte d'éléments extérieurs qui, comme l'analyse statique standard nous l'apprend, sont prêts à interférer avec l'atteinte du degré socialement optimal du système de compatibilité, la compétition, en l'absence d'avenir parfaitement dessinés, conduit les marchés à attiser prématurément l'industrie dans une standardisation *de facto* portant sur le *mauvais système* – et c'est là que les prises de décisions décentralisées ultérieures ont réussi à la maintenir. Des aboutissements de ce genre ne sont pas exotiques. Il n'est que trop possible que, face à une forte interrelation technique, à des économies d'échelle et à une irréversibilité due à la formation et à l'accoutumance, de telles choses se produisent. Elles apparaissent sans surprise à des lecteurs préparés par les passages classiques du *Germany and the Industrial Revolution* (6) de Thor-

stein Veblen, sur le problème des wagons de chemin de fer britanniques sous-dimensionnés et de la « pénalisation frappant ceux qui prennent l'initiative », ils peuvent être douloureusement familiers aux étudiants qui ont été obligés d'assimiler les détails des analyses moins prestigieuses (7) que j'ai effectuées sur la mécanisation de l'agriculture britannique, ou sur l'influence d'événements reculés de l'histoire du facteur prix au cours du dix-neuvième siècle américain ()

Je suis persuadé qu'il y a un nombre bien plus important de mondes QWERTY s'étendant là dans le passé, sur les bords même de l'univers bien ordonné de l'économie moderne, des mondes que nous ne percevons ou ne comprenons pas pleinement, mais dont l'influence, comme celle des étoiles sombres, ne s'étend pas moins pour façonner les orbites visibles de nos affaires économiques contemporaines. La plupart du temps, j'éprouve la certitude que les délices envoûtants et les tranquilles terreurs de l'exploitation des mondes de QWERTY suffiront à amener des économistes aventureux à entreprendre l'étude systématique des processus dynamiques de nature *historique*. En s'engageant ainsi sur les chemins de l'histoire économique, ils seront à même de mieux saisir leurs propres sujets de recherche.

*Traduit de l'anglais
par Édith ZEITLIN*

(6) VEBLEN, 1915, p. 126-27

(7) DAVID, 1975

RÉFÉRENCES

ARTHUR W Brian (1983), « On Competing Technologies and Historical Small Events The Dynamics of Choice under Increasing Returns », *Technological Innovation Program workshop Paper*, Department of Economics, Stanford University, novembre, 31 p

ARTHUR W Brian, Yuri M ERMO-LIEV et Yuri KANLOVSKI (1983), « On generalized Urn Schemes of the Polya Kind », *Kibernitika*, vol 19, n° 1, traduit du russe dans *Cybernetics*, vol 19, 1983

(1984), « Strong Laws for a class of Path-Dependant Urn Processes », dans *Proceedings of the International Conference on Stochastic Optimisation*, Kiev, Berlin- Springer Verlag, 1985

DAVID Paul A (1971), « The Landscape and the Machine Technical Inter-relatedness, Land Tenure and the Mechanisation of the Corn Harvest in Victorian Britain » Dans *Essays on a Mature Economy Britain after 1840*, ch 5, ed D N McCloskey, London Methuen

(1975), *Technical choice, innovation and economic growth Essays on American and British experience in the nineteenth century*, New York, Cambridge University Press

HANSON Ward A (1984), « Bandwagons and Orphan Dynamic of Competing Technological System Subject to Decreasing Custs », *Technological Innovation Program Workshop Paper*, Department of Economics, Stanford University, janvier, 34 p

KATZ Michael et Carl SHAPIRO (1983), « Network Externalities, Competition and Comptability », *Woodrow Wilson School Discussion in Economics*, n° 54, Princeton University, septembre, 34 p

VEBLEN Thorstein (1915), *Imperial Germany and the Industrial Revolution*, New York Macmillan