

Des technologies intelligentes

Les applications numériques envahissent différents domaines de notre quotidien et leur impact sur l'économie nous permettra de vivre mieux et plus intelligemment.

Hal Varian

DANS les pays développés, pratiquement toutes les transactions économiques font intervenir un ordinateur. L'informatique s'impose aussi rapidement dans les pays en développement, sous l'effet de la généralisation des téléphones mobiles. La planète entière sera bientôt connectée et les transactions économiques mondiales se feront pour la plupart par ordinateur.

Les systèmes de données qui servaient autrefois pour la comptabilité, la gestion des stocks et la facturation ont aujourd'hui d'autres applications importantes qui peuvent améliorer notre quotidien tout en stimulant l'économie mondiale.

Les modes de transmission

L'informatique peut influencer sur l'activité économique en agissant dans cinq grands domaines.

Recueil et analyse de données : les ordinateurs peuvent enregistrer de nombreux aspects d'une transaction, qui peuvent ensuite être analysés pour améliorer les futures transactions. Les voitures, téléphones mobiles et autres appareils complexes collectent des données techniques qui peuvent servir à identifier des défaillances et à améliorer les futurs produits. Résultat : des produits de meilleure qualité et une baisse des coûts.

Personnalisation et sur-mesure : grâce à l'informatique, des services qui étaient auparavant uniformes deviennent personnalisés. Aujourd'hui, nous attendons des cybercommerçants dont nous sommes clients qu'ils détiennent des informations utiles sur nos achats antérieurs, nos préférences de facturation, nos adresses d'expédition, etc. Cela permet d'optimiser les transactions en fonction des besoins de chacun.

Expérimentation et amélioration permanente : les systèmes en ligne peuvent expérimenter d'autres algorithmes en temps réel pour améliorer les performances en permanence. Google réalise ainsi chaque année plus de 10.000 expérimentations portant sur de nombreux aspects des services proposés, comme le classement et la présentation des résultats de recherche. L'infrastructure nécessaire à ces expériences est aussi à la disposition des annonceurs du groupe, qui peuvent l'utiliser pour améliorer leur propre offre.

Innovation en termes de contrats : les contrats sont indispensables aux transactions économiques, mais, sans ordinateurs, il était souvent difficile ou coûteux de surveiller leur exécution. La vérification de l'exécution peut contribuer à réduire les problèmes d'asymétrie de l'information, comme l'aléa moral et l'antisélection, qui peuvent nuire à l'efficacité des transactions. Le risque d'acheter une voiture défectueuse disparaît si des systèmes de vérification peuvent enregistrer l'historique d'utilisation et l'état du véhicule à un coût faible.

Coordination et communication : aujourd'hui, même les petites entreprises employant quelques salariés ont accès à des services de communication que seules les plus grandes multinationales pouvaient s'offrir il y a 20 ans. Ces micromultinationales peuvent opérer à l'échelle mondiale en raison de la nette chute des prix des ordinateurs et de la communication. Les appareils

mobiles ont permis une coordination mondiale de l'activité économique qui était très difficile il y a encore dix ans. Aujourd'hui, des auteurs peuvent travailler sur des documents simultanément même si des milliers de kilomètres les séparent. La visioconférence a un coût quasi nul et la traduction automatique s'améliore sensiblement. Parallèlement à la généralisation des technologies mobiles, les entreprises deviendront plus souples et réactives, ce qui leur permettra d'améliorer leur productivité.

Étudions de plus près ces cinq domaines.

Recueil et analyse de données

Nous entendons beaucoup parler des mégadonnées (voir l'article «Mégadonnées, mégamuscles» dans le présent numéro) mais les microdonnées peuvent être tout aussi importantes, voire plus. Il y a 20 ans, seules les grandes entreprises pouvaient s'offrir des systèmes de gestion des stocks complexes. Aujourd'hui, chaque magasin de proximité peut suivre ses ventes et ses stocks à l'aide de caisses enregistreuses intelligentes, qui sont simplement des ordinateurs personnels dotés d'un tiroir-caisse. Les petites entreprises peuvent tenir leur comptabilité grâce à des progiciels ou des services en ligne, ce qui permet un meilleur suivi des résultats. Il faut dire que le recueil de données est devenu presque automatique. L'enjeu consiste à transformer ces données brutes en informations qui peuvent être exploitées pour améliorer les performances.

Les grandes entreprises ont accès à des volumes de données considérables, mais de nombreux secteurs ont mis du temps à les exploiter, faute d'expérience en gestion et analyse des données. La musique et les vidéos sont distribuées en ligne depuis plus de dix ans, mais l'industrie des loisirs n'a que lentement pris conscience de la valeur des données recueillies par les serveurs (voir «De la musique à deux sous» dans le présent numéro). Ce secteur, qui est soumis à la concurrence des sociétés technologiques, est en train de découvrir qu'il est possible d'exploiter ces données pour améliorer ses produits.

L'industrie automobile évolue elle aussi rapidement en équipant ses modèles de capteurs et d'une puissance de calcul. Les voitures sans conducteur deviennent vite une réalité. Des voitures autonomes circuleraient en fait déjà s'il ne fallait pas composer avec le caractère aléatoire inhérent aux conducteurs humains et aux piétons. Une solution à ce problème consisterait à réserver des voies de circulation aux seuls véhicules autonomes. Les voitures sans conducteur peuvent communiquer entre elles et se coordonner par des moyens inaccessibles aux humains (hélas). Elles ne se fatiguent pas, ne sont jamais en état d'ébriété et ne se laissent pas distraire. Leurs fonctionnalités permettront de sauver des millions de vies ces prochaines années.

Personnalisation et sur-mesure

Il y a 20 ans, la reconnaissance par les ordinateurs d'images contenant des êtres humains était un défi pour la recherche. Aujourd'hui, les systèmes gratuits de stockage de photos peuvent trouver en quelques secondes des clichés d'animaux, de montagnes, de châteaux, de fleurs et de centaines d'autres objets. L'amélioration de la

technologie de reconnaissance faciale et de l'indexation automatique permet de trouver et de classer des photos facilement et rapidement.

De même, les systèmes de reconnaissance vocale sont devenus beaucoup plus précis ces dernières années seulement. La communication vocale avec des appareils électroniques est possible à présent et deviendra bientôt la norme. La traduction du langage verbal en temps réel, qui est une réalité en laboratoire, deviendra banale dans un avenir proche. La suppression des barrières linguistiques se traduira par une progression du commerce extérieur, et bien sûr du tourisme.

Amélioration permanente

Les données d'observation peuvent mettre au jour des combinaisons et corrélations de données intéressantes. Mais la meilleure solution pour découvrir des relations de cause à effet est l'expérimentation. C'est pourquoi des acteurs de l'Internet comme Google expérimentent au quotidien et améliorent leurs systèmes en permanence. Lorsque les transactions se font par ordinateur, il est facile de répartir les utilisateurs dans des groupes test et témoin, de réaliser les essais et d'analyser les résultats en temps réel.

Les entreprises ont systématiquement recours à ce type d'expériences à des fins commerciales, mais ces techniques peuvent être employées dans bien d'autres contextes. Ainsi, des institutions comme le Laboratoire d'action contre la pauvreté Abdul Latif Jameel du MIT ont pu réaliser des expériences contrôlées sur des projets d'intervention dans des pays en développement pour réduire la pauvreté et améliorer la santé et les niveaux de vie. Les essais contrôlés randomisés peuvent servir à déterminer quels types d'incitations sont les plus efficaces pour, entre autres, accroître l'épargne, éduquer les enfants ou encore gérer de petites exploitations agricoles.

Innovation en termes de contrats

En publicité, le modèle économique classique était le suivant : «Vous me payez pour que les consommateurs voient votre annonce et certains viendront peut-être dans votre magasin». Le modèle actuel à l'ère Internet a changé : «Je ferai le nécessaire pour que les consommateurs voient votre annonce et vous ne me paierez que s'ils se rendent sur votre site Internet». Comme les transactions publicitaires se font par ordinateur, les commerçants peuvent payer uniquement pour le résultat qui les intéresse.

Prenons l'exemple d'un déplacement en taxi dans une ville inconnue. Le chauffeur est-il honnête? Prendra-t-il le meilleur itinéraire et me fera-t-il payer le juste prix? Le chauffeur peut quant à lui se demander si le client est honnête et règlera le prix de la course. Il s'agit d'un échange unique, avec peu d'informations des deux côtés et un risque d'abus. Mais considérons maintenant les technologies comme celles utilisées par Lyft ou Uber. Les deux parties peuvent consulter l'historique des tarifs et accéder à des estimations des prix probables et à des cartes et planificateurs d'itinéraires. La transaction devient plus transparente pour toutes les parties, ce qui améliore l'efficacité et l'efficacité. Les clients peuvent effectuer des déplacements moins chers et plus pratiques, tandis que les chauffeurs ont un emploi du temps plus flexible.

Les smartphones ont bouleversé le secteur des taxis en permettant ces transactions améliorées. L'ensemble du secteur offre à présent ces fonctions ou le fera bientôt. Pour beaucoup, le conflit entre les services de transport avec chauffeur et les taxis

oppose l'innovation à la réglementation. Pourtant, d'un point de vue plus général, l'important est de savoir quelle technologie l'emporte. La technologie employée par les sociétés de covoiturage garantit une meilleure expérience pour les chauffeurs et les clients. Elle a donc toutes les chances d'être largement adoptée par les services de taxi classiques.

Le simple fait de pouvoir enregistrer l'historique des transactions peut améliorer les contrats (voir l'article «Les deux visages du changement» dans le présent numéro). Il est incroyable que



Lorsque la planète entière sera connectée, nous pourrons tabler sur une augmentation spectaculaire de la prospérité.

je puisse entrer dans une banque d'une ville inconnue et obtenir un prêt hypothécaire de plusieurs millions de dollars. Cela est possible grâce aux organismes de notation, qui réduisent fortement les risques pour les deux parties, si bien que l'octroi d'un prêt devient envisageable pour des personnes qui, à défaut, ne pourraient pas accéder au crédit.

Communication et coordination

J'ai récemment fait faire des travaux d'entretien dans ma maison. Les ouvriers ont utilisé leurs téléphones mobiles pour photographier des objets à remplacer, communiquer avec les fournisseurs, trouver l'itinéraire à suivre jusqu'au site, éclairer des endroits sombres comme avec une lampe électrique, passer commande et se faire livrer leur déjeuner et communiquer avec moi. Toutes ces tâches qui prenaient beaucoup de temps auparavant peuvent à présent être effectuées rapidement et facilement. Les ouvriers perdent moins de temps à attendre des instructions, des informations ou des pièces détachées. Il en résulte une baisse des coûts de transaction et un gain d'efficacité.

Aujourd'hui, seules les personnes fortunées peuvent se permettre d'employer des assistants de direction. Mais, à l'avenir, chacun aura accès aux services d'un assistant électronique qui peut épulcher d'énormes volumes d'informations et communiquer avec d'autres assistants pour coordonner des réunions, tenir à jour des archives, localiser des données, planifier des déplacements et accomplir les dizaines d'autres tâches nécessaires (voir «Robots, croissance et inégalités» dans le présent numéro). Toutes les grandes sociétés technologiques investissent massivement dans cette technologie. Nous pouvons espérer des progrès rapides grâce à la pression de la concurrence.

Assembler le tout

Les téléphones mobiles actuels sont nettement plus puissants et bien moins chers que ceux qui ont propulsé Apollo 11, la mission humaine sur la lune en 1969. Les composants de ces téléphones mobiles sont devenus «banalisés». Les écrans, processeurs, capteurs, puces de GPS, puces de réseau et puces mémoires ont un coût pratiquement nul à présent. Il est aujourd'hui possible d'acheter un smartphone acceptable pour 50 dollars et les prix

continuent de baisser. Les smartphones deviennent des objets courants, même dans les régions très pauvres.

L'existence de ces composants peu chers a permis aux innovateurs de les associer et de les recombinaisonner pour créer de nouveaux appareils — moniteurs d'activité physique, casques de réalité virtuelle, systèmes peu onéreux de surveillance de véhicule, etc. Le Raspberry Pi est un ordinateur conçu à l'Université de Cambridge qui coûte 35 dollars et utilise des pièces de téléphone mobile avec un circuit imprimé de la taille d'une carte de crédit. Il est nettement plus puissant que les stations de travail Unix d'il y a seulement 15 ans.

La même dynamique de normalisation, de modularisation et de baisse des coûts est à l'origine des progrès dans les logiciels. Le matériel créé à partir de pièces de téléphone mobile utilise souvent des logiciels libres pour son système d'exploitation. Parallèlement, les cartes mères des ordinateurs personnels sont devenues des composants de vastes centres de données qui font aussi tourner des logiciels libres. Les appareils mobiles peuvent confier des tâches assez complexes comme la reconnaissance d'image, la reconnaissance vocale et la traduction automatique aux centres de données si besoin est. Le matériel bon marché, les logiciels libres et l'accès peu onéreux à des services de traitement des données ont nettement réduit les obstacles à l'entrée pour les concepteurs de logiciels, si bien que des millions d'applications mobiles sont disponibles à un prix modique.

L'énigme de la productivité

J'ai brossé un tableau optimiste des futurs effets de la technologie sur l'économie mondiale. Mais comment ce progrès apparaîtra-t-il dans les statistiques économiques traditionnelles? La situation est quelque peu contrastée. Prenons l'exemple du PIB. Il se définit en général par la valeur marchande de l'ensemble des biens et services finals produits dans un pays au cours d'une période donnée. Le hic est la «valeur marchande»: si un bien n'est pas acheté et vendu, il n'apparaît généralement pas dans le PIB.

Les conséquences sont multiples. La production des ménages, le contenu financé par la publicité, les coûts de transaction, les modifications de la qualité, les services gratuits et les logiciels libres représentent de la matière noire pour ce qui est du PIB. En effet, le progrès technologique dans ces domaines n'apparaît pas directement dans le PIB. Prenons le cas du contenu financé par la publicité, qui est largement utilisé pour financer l'offre de médias en ligne. Dans les comptes économiques nationaux du U.S. Bureau of Economic Analysis, la publicité est considérée comme frais de commercialisation, c'est-à-dire un produit intermédiaire, et ne figure donc pas dans le PIB. Un fournisseur de contenu qui passe d'un modèle économique de paiement à la séance à un modèle financé par la publicité réduit le PIB.

La photographie est un exemple de technologie qui modifie énormément la productivité. En 2000, environ 80 milliards de photos ont été prises à travers le monde, ce qui est une bonne estimation puisque seules trois sociétés fabriquaient des pellicules à l'époque. En 2015, plus de 1.500 milliards de photos auraient été prises dans le monde, soit environ 20 fois plus. Parallèlement à l'explosion du volume, le coût des photos a chuté d'environ 50 centimes l'unité pour la pellicule et le développement à presque zéro.

En 15 ans, le prix est tombé à zéro et la production a été multipliée par 20. Il s'agit à coup sûr d'un net accroissement de la

productivité. Malheureusement, pour l'essentiel, il n'apparaît pas dans le PIB puisque les chiffres mesurés dépendent des ventes de pellicules, d'appareils photo et des services de développement, qui ne représentent qu'une petite partie de la photographie aujourd'hui.

Lorsque des appareils numériques ont été intégrés aux smartphones, le PIB a reculé, les ventes d'appareils photo ont diminué et les prix des téléphones ont continué à baisser. Dans l'idéal, les ajustements de qualité serviraient à évaluer les capacités supplémentaires des téléphones mobiles. Mais il est délicat d'identifier la meilleure méthode de le faire et d'intégrer ces changements dans les comptes du revenu national.

Même s'il était possible d'évaluer précisément le nombre de photos prises aujourd'hui, celles-ci sont pour la plupart réalisées chez soi et envoyées aux amis et à la famille pour un coût nul. Elles ne sont ni achetées ni vendues et n'apparaissent pas dans le PIB. Ces photos de famille ont toutefois une très grande valeur aux yeux de ceux qui les prennent.

La même chose s'est produite avec le système mondial de localisation (GPS). À la fin des années 90, le secteur des transports routiers a adopté des systèmes onéreux de GPS et de surveillance des véhicules, si bien que sa productivité a fortement augmenté. Ces dix dernières années, les particuliers ont adopté le GPS. Le prix des systèmes, qui sont maintenant groupés aux smartphones, est tombé à zéro et des centaines de millions de personnes les utilisent au quotidien. Cependant, comme pour les appareils photo, l'intégration du GPS dans les téléphones mobiles a certainement réduit le PIB puisque les ventes de GPS autonomes ont reculé.

Comme pour les appareils photo, ce problème de mesure pourrait être résolu en procédant à un ajustement en fonction de la qualité pour les smartphones. Mais il est difficile de savoir comment faire exactement et les offices statistiques souhaitent un système à l'épreuve du temps. Même après que le problème de l'ajustement en fonction de la qualité aura été réglé, le fait que les photos ne sont en général pas échangées contre de l'argent subsistera et les améliorations technologiques dans ce domaine ne seront toujours pas mesurées par les statistiques usuelles.

La promesse de la technologie se réalisera-t-elle?

Lorsque la planète entière sera connectée, chacun aura en principe accès à presque toutes les connaissances humaines. Les obstacles à un accès total ne sont pas technologiques mais juridiques et économiques. Dans l'hypothèse où ces problèmes peuvent être réglés, nous pouvons tabler sur une augmentation spectaculaire de la prospérité.

Mais ces espoirs certes utopiques vont-ils se concrétiser? Je pense que la technologie est en général une force pour le bien, mais que cette force a un côté obscur (voir l'article «Le côté obscur de la technologie» dans le présent numéro). Les améliorations des technologies de coordination peuvent aider les entreprises productives, mais, dans le même temps, accroître l'efficacité des organisations terroristes. Le coût de la communication a beau devenir nul, les gens continueront à être en désaccord, parfois violemment. À long terme toutefois, si la technologie permet d'améliorer globalement les conditions de vie, peut-être consacrerons-nous plus de temps à agrandir le gâteau et moins à nous disputer sur la taille des parts. ■

Hal Varian est Chef économiste chez Google.