Revue mondiale de la réponse de l'ingénierie à la COVID-19 : leçons apprises pour la préparation et la resilience

# Sommaire exécutif

**L'impact dévastateur de la pandémie de la COVID-19 a mis à l'épreuve la résilience des sociétés du monde entier.**

Plus de deux ans et demi après le début de la pandémie de la COVID-19, nous avons été témoins de **maladies graves et de pertes en vies humaines, de systèmes de santé et d'infrastructures surchargés et de perturbations profondes de nos systèmes socioéconomiques. Ce qui a eu comme résultat d'augmenter les inégalités et d'affaiblir le tissu social des communautés à travers le monde.**[[1]](#footnote-2) [[2]](#footnote-3)Alors que la pandémie continue d'évoluer et de se propager àtravers le monde, il est nécessaire de **réfléchir à l'efficacité de la réponse que nous avons apportée jusqu'à présent et à la façon de prendre en charge la résolution pragmatique des problèmes pour l'avenir.**

**Les ingénieurs, qui soutiennent les éléments constitutifs des systèmes et des sociétés, sont essentiels pour relever les défis les plus urgents de la pandémie.**

Depuis le début de la pandémie, les **ingénieurs, souvent en collaboration avec des scientifiques, des décideurs ou des chefs d'entreprise, ont apporté un large éventail de compétences et d'approches de résolution de problèmes pour relever les défis créés par la pandémie**. Ils ont conçu et distribué des outils médicaux vitaux, ont été les pionniers de la recherche et de l'innovation technologique et ont maintenu des systèmes et des infrastructures de base tendus dans les coulisses.

**Ce rapport vise à mettre les ingénieurs au centre des préoccupations grâce à un examen mondial des contributions de l'ingénierie à la prévention, à la préparation et à l'intervention en cas de pandémie.**

À l'avenir, **les ingénieurs continueront de jouer un rôle essentiel dans la riposte à la COVID-19, en contribuant à une forte reprise et en soutenant la prévention et la préparation pour de futures pandémies**. Cette revue fait le point sur les contributions mondiales en matière d'ingénierie dans le contexte de la pandémie jusqu'à présent, et dégage les enseignements tirés de l'expérience pour mieux exploiter tout le potentiel de la communauté des ingénieurs.

**Ce rapport s'appuie sur six défis majeurs rencontrés pendant la COVID-19 où les ingénieurs ont apporté des contributions clés :**

**Valeur de génération à partir des données :**

Des données de haute qualité et opportunes étaient essentielles pour orchestrer la riposte à la pandémie.[[3]](#footnote-4) Les ingénieurs ont travaillé pour s'assurer que cela était disponible et consolidé pour les décideurs publics et privés en temps quasi réel, et pouvait être appliqué via des outils numériques basés sur des données, tels que des tableaux de bord, des modèles ou des applications de suivi des contacts.

**La course contre le virus :**

La propagation rapide du virus a nécessité la conception de nouveaux outils de santé à des vitesses sans précédent et dans des conditions d'incertitude. Avec des scientifiques et des cliniciens, les ingénieurs ont été à l'avant-garde de cette innovation, soutenant la conception et la production d'outils médicaux, tels que des vaccins, des aides respiratoires et des tests, ainsi que d'outils de soins de santé numériques pour soutenir les travailleurs de la santé surchargés.

**Conception pour un accès égal :**

La pandémie a touché des personnes de tous horizons, partout dans le monde, mais les gens n'ont pas été touchés de la même manière. En appliquant une conception centrée sur l'humain et sensible au contexte, les ingénieurs ont adapté leurs produits et services pour répondre aux besoins de divers utilisateurs et réduire les inégalités d'accès, tels que les laboratoires portables pour les tests dans les zones avec une infrastructure de test faible, les masques de protection pour s'adapter à une gamme de formes de visage, ou les appareils d'appel vidéo pour les résidents de maisons de retraite.

**Augmenter la production :**

À mesure que la demande mondiale de produits de santé essentiels augmentait, une capacité de production limitée et concentrée entraînait des pénuries et des disparités géographiques.[[4]](#footnote-5) [[5]](#footnote-6) Les ingénieurs ont fait pivoter la capacité industrielle existante, comme la transformation de la fabrication automobile pour construire des ventilateurs, et ont développé de nouvelles capacités, comme l'expansion des installations de fabrication de vaccins en Afrique. Les ingénieurs ont également optimisé les processus de production pour la vitesse et la mise à l'échelle, par exemple, en utilisant l'impression 3D pour le prototypage rapide, ou en concevant de nouveaux processus pour remplir les doses de vaccins.

**Rationalisation de la livraison :**

La COVID-19 a mis à rude épreuve les chaînes d'approvisionnement mondiales et déclenché des retards et un accès inéquitable aux articles essentiels, médicaux et non médicaux.[[6]](#footnote-7) [[7]](#footnote-8) Les ingénieurs ont atténué ces perturbations en accélérant le passage à des chaînes d'approvisionnement numérisées en réseau, en utilisant des drones et des innovations de la chaîne du froid pour acheminer des produits de santé complexes vers des régions éloignées, et en menant la construction d'urgence d'infrastructures essentielles, comprenant des hôpitaux et des centres de test.

**Renforcer les systèmes de la société :**

Pour aider la société à fonctionner dans le chaos provoqué par la pandémie, les ingénieurs ont renforcé les systèmes et l'infrastructure sous-jacents. Ils ont assuré la résilience des services publics essentiels, renforcé les bâtiments et les transports de la société, et amélioré la connectivité numérique et ses applications dans l'éducation et le travail à distance.

**Le rapport présente l'étendue des contributions de l'ingénierie à travers le monde.**

Ce rapport met en lumière des exemples de contributions techniques précieuses pour répondre à certains des défis les plus critiques pendant la pandémie. Tout en ne visant pas à être exhaustif, ce rapport cherche à démontrer l'ampleur des contributions dans la réponse directe à la pandémie et à assurer une plus grande résilience de la société. En outre, il vise à tirer des leçons et des idées clés pour faire face aux futures vagues de COVID-19 ou à la prochaine pandémie.

**Voici quelques exemples de précieuses contributions de l'ingénierie dans ce rapport :**

* Amélioration des systèmes de ventilation au **Canada**
* Accélération du déploiement des vaccins grâce à l'apprentissage par des machines aux **États-Unis**
* Soutien à la production d'appareils respiratoires CPAP en **Amérique latine**
* Impression d'écouvillons nasaux à l'aide de réseaux distribués d'imprimantes 3D à travers les **États-Unis** pour les tests COVID-19
* Utilisation de l'analyse des eaux usées pour surveiller la propagation communautaire de la COVID-19 en **Équateur** et au **Brésil**
* Conception des dispositifs IoT pour suivre les éléments vitaux et adapter leur utilisation à diverses communautés du **Pérou**
* Développement des diagnostics rapides, portables, sans laboratoire et rentables au **Royaume-Uni**
* Développement d'une plateforme de recrutement numérique alimentée par l'IA en **Tunisie**
* Construction de nouvelles installations de fabrication de vaccins au **Sénégal**
* Utilisation de drones pour fournir des tests, des traitements et des vaccins en **RDC**, au **Mozambique** et au **Malawi**
* Permettre l'approvisionnement en fournitures critiques grâce à une plateforme de découverte de fournisseurs alimentée par l'IA conçue en **Allemagne**
* Utilisation de l'IA pour améliorer les tests COVID-19 aux frontières **grecques**
* Conception de nouvelles plateformes edtech pour l'enseignement à distance en **Jordanie**
* Réparation de concentrateurs d'oxygène au **Malawi**
* Utilisation des données géospatiales et mobiles pour combler les lacunes en matière de données en **RDC**
* Développement d'un appareil respiratoire tout-en-un à faible coût en **Afrique du Sud**
* Amélioration du stockage des vaccins pour qu'il soit économe en énergie, résistant aux tremblements de terre et dispose de plus grandes capacités en **Mongolie**
* Pivotement des usines de fabrication de haute précision pour construire des ventilateurs ICU **au Pakistan**
* Conception d'un « laboratoire dans une valise » pour le dépistage de la COVID-19 en **Inde**
* Conception des dispositifs à lumière UV-C pour désinfecter les escaliers roulants publics en **Corée du Sud**
* Construction rapide d'hôpitaux d'urgence en **Chine**
* Prévention des épidémies de zoonoses grâce à des solutions logicielles de signalement communautaire au **Cambodge** et en **Thaïlande**
* Expansion des plateformes numériques de livraison de nourriture aux **Fidji** pendant le confinement
* Élargissement la télésanté en **Australie** pour les consultations à distance

**En passant au crible ces contributions pour relever six défis majeurs rencontrés pendant la pandémie, le rapport distille les moteurs de succès ainsi que les opportunités de renforcer davantage la resilience**

1. **Valeur de génération à partir des données**

DÉFI

• **Les décideurs avaient besoin de données de haute qualité et opportunes pour comprendre la propagation du virus et son impact** afin que les décideurs politiques puissent procéder à des interventions, les entreprises faire pivoter les opérations, les cliniciens gérer les hôpitaux et les communautés rester en sécurité.

• **Cependant, il y a eu des défis graves tout au long de la chaîne de valeur** des données, de la collecte et de la consolidation des données au stockage et au partage sécurisés des données, en passant par le déploiement rapide de l'analyse, des outils numériques et de la diffusion.

CONTRIBUTIONS DE L'INGÉNIERIE

• **Les ingénieurs de données et de logiciels ont travaillé pour relever les défis à travers la chaîne de valeur des données**, de la collecte des données manquantes, comme l'utilisation des données mobiles en République démocratique du Congo (RDC) pour estimer les mouvements de population[[8]](#footnote-9), à l'agrégation et à la visualisation des données critiques pour la prise de décision, comme une application pour afficher les perturbations des services de santé essentiels pour les travailleurs de la santé en Ouganda.[[9]](#footnote-10)

• **Les ingénieurs ont ensuite mis au point de nouveaux outils qui utilisaient ces données**, tels que des applications de recherche de contacts, l'apprentissage automatique pour améliorer et accélérer les processus, par exemple, en utilisant l'intelligence artificielle (IA) aux frontières grecques pour sélectionner les voyageurs à tester[[10]](#footnote-11), et la diffusion d'informations, comme le déploiement de chatbots par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) pour partager de manière interactive les communications en matière de santé.[[11]](#footnote-12) [[12]](#footnote-13)

LES ENSEIGNEMENTS

• **Le plein potentiel de l'ingénierie dans ce contexte a souvent été entravé par l'insuffisance des investissements dans les systèmes de données sous-jacents (y compris l'établissement de liens entre les données provenant de différentes sources) avant la pandémie**. Une partie importante de l'amélioration de cette progression consistera à investir dans des ingénieurs locaux dévoués qui peuvent construire et entretenir ces systèmes à long terme.

• **Une communication et une collaboration accrues entre les experts en données et les décideurs sont également nécessaires pour s'assurer que ces derniers reconnaissent les limites des données disponibles et qu'elles ne sont pas utilisées à mauvais escient**. Cela comprend : travailler en collaboration pour relever les défis en matière d'interprétation des données, minimiser l'utilisation de données biaisées ou discriminatoires et protéger la confidentialité des données.

1. **La course contre le virus**

DÉFI

• **Il était urgent de trouver des solutions sanitaires en première ligne pour sauver des vies**. Cela comprenait des outils pour détecter, contenir, combattre et éradiquer le virus, ainsi que pour gérer des systèmes de santé de plus en plus surchargés.

• **En raison de l'urgence et de l'incertitude** de la pandémie, les innovateurs ont dû accélérer la recherche-développement (R-D) et concevoir des solutions parallèlement aux nouvelles données probantes.

• **Ces nouveaux outils et services devaient également être rapidement intégrés** aux systèmes de santé existants, tout en maintenant le respect de la qualité et de la sécurité.

CONTRIBUTIONS DE L'INGÉNIERIE

• **Les ingénieurs ont joué un rôle déterminant dans l'application de nouvelles conclusions de recherche dans le monde réel en un temps record**, comme la traduction d'un vaccind'un échantillon viral à l'approbation et à la fabrication à desvitesses sans précédent, et les ingénieurs de l'Université d'Oxford développant le premier test rapide trois moisseulement après le début de la pandémie.[[13]](#footnote-14)

• **Ces innovations ont eu des effets déstabilisants qui resteront d'actualité**, comme l'accélération des tendances en matière de santé numérique, de nouvelles plateformes de vaccins ou une utilisation accrue de la robotique dans les hôpitaux. Par exemple, la télésanté a connu un essor en Australie, et des études ont montré des réductions significatives des taux de mortalité et des économies.[[14]](#footnote-15) [[15]](#footnote-16)

LES ENSEIGNEMENTS

• **Les innovations fondées sur des années de R-D existantes et le contexte de crise ont accru l'appétit de prendre des risques et de sortir des sentiers battus**. Cela souligne l'importance d'un financement soutenu et axé sur la mission pour l'innovation.

• **Une coordination et une collaboration accrues entre les chercheurs auraient pu améliorer davantage les progrès**. Des recherches qui faisaient double emploi, étaient fragmentées ou trop petites pour fournir des preuves ont entraîné un gaspillage des ressources.

• **La pensée systémique et l'intégration sont nécessaires pour adopter rapidement de nouveaux outils**. Les innovations ont été plus efficaces lorsqu'elles ont pu être rapidement absorbées par les systèmes de santé. S'attaquer à la fragmentation de l'environnement réglementaire mondial constitue un obstacle important à surmonter.

1. **Conception pour un accès égal**

DÉFI

• **Les outils et les services étaient souvent insuffisamment adaptés pour répondre à la diversité des utilisateurs et des contextes touchés par la pandémie mondiale**. Par exemple, même si, à l'échelle mondiale, les femmes sont plus susceptibles d'être des travailleurs de la santé de première ligne, l'équipement de protection individuelle (EPI) est généralement conçu pour les hommes et est donc inadapté pour de nombreuses travailleuses de la santé.[[16]](#footnote-17)

• **La pandémie a également exacerbé les inégalités existantes et touché de façon disproportionnée certains groupes**. Par exemple, le passage à l'enseignement et au travail à distance a laissé derrière ceux qui se trouvaient du côté « invisible » de la fracture numérique.[[17]](#footnote-18)

CONTRIBUTIONS DE L'INGÉNIERIE

• **Appliquant des principes de conception centrés sur l'humain, les ingénieurs ont répondu aux besoins de divers utilisateurs**. Par exemple, les ingénieurs en Chine ont utilisé des scanners de lumière bleue et l'impression 3D pour faire des dispositifs d’étanchéité faciaux personnalisés qui s'adapteraient à la forme du visage de n'importe quel individu,[[18]](#footnote-19) et les ingénieurs britanniques ont conçu un dispositif vidéo CallGenie spécifiquement pour les résidents de maisons de retraite pour combler les fossés de l’accès au numérique.[[19]](#footnote-20)

• **Les ingénieurs ont également optimisé les conceptions pour les environnements à faibles ressources**, en tenant compte des contraintes budgétaires des systèmes de santé ou des utilisateurs finaux, de l'infrastructure disponible ou des contraintes géographiques. Par exemple, les ingénieurs sud-africains ont conçu un appareil respiratoire tout-en-un moins intensif en oxygène qui serait adapté à une gamme d'infrastructures d'oxygène,[[20]](#footnote-21) et les ingénieurs de la Khan Academy ont construit une plateforme d'éducation à distance pour les enfants sans accès à Internet à domicile.[[21]](#footnote-22)

LES ENSEIGNEMENTS

• **Un effort concerté est nécessaire pour s'assurer que les ingénieurs appliquent systématiquement une approche centrée sur l'utilisateur lors de la conception**. Les cas de conceptions qui n'étaient pas adaptées à l'objectif, tels que les préjugés raciaux dans la mesure de l'oxymétrie de pouls,[[22]](#footnote-23) ou les applications de l'IA basées sur des ensembles de données non inclusives,[[23]](#footnote-24) ont montré l'importance d'adopter plus fréquemment des principes de conception centrés sur l'homme.

• **Faire davantage est nécessaire pour soutenir les solutions locales et les mettre à l'échelle**. Bien que les innovateurs les plus proches du contexte local soient souvent les mieux placés pour concevoir des solutions sur mesure, les chercheurs et les innovateurs des pays à revenu faible ou intermédiaire (PRI) ont reçu moins de financement que leurs homologues des pays à revenu élevé (PRI), ce qui limite le potentiel de leur contribution.[[24]](#footnote-25) [[25]](#footnote-26) Un financement est nécessaire non seulement pour répondre aux crises de manière ponctuelle, mais aussi pour réaliser des investissements soutenus afin de créer un environnement favorable.

1. **Augmenter la production**

DÉFI

• **La demande de produits de santé essentiels a augmenté dans le contexte de la COVID-19**. Dans le même temps, plus de 80 pays ont imposé des restrictions à l'exportation,[[26]](#footnote-27) exposant les pays non producteurs à des pénuries et provoquant une flambée des prix.

• **Les pays ont dû se tourner vers l'intérieur pour renforcer leurs capacités de production locales**. Dans le même temps, les producteurs et les fabricants ont dû s'adapter à de nouveaux défis en matière de santé et de sécurité, ainsi qu'à de graves pénuries d'apports et de matériaux.[[27]](#footnote-28)

CONTRIBUTION DE L'INGÉNIERIE

• **Les ingénieurs ont rapidement fait pivoter la capacité industrielle pour répondre à la demande de produits essentiels**, tels que les fabricants de vêtements en Inde pivotant pour fabriquer des EPI,[[28]](#footnote-29) ou Mercedes AMG réaffectant leur usine à la fabrication d'aides respiratoires.[[29]](#footnote-30)

• **Les ingénieurs ont également mis au point de nouvelles techniques de production pour faciliter une mise à l'échelle rapide**. L'impression 3D, par exemple, a été utilisée pour le prototypage et la fabrication rapides, comme l'impression Formlabs 3D de 100 000 écouvillons nasaux pour les tests COVID-19 afin de répondre aux pénuries aux États-Unis.[[30]](#footnote-31)

• **Les ingénieurs jouent déjà un rôle crucial dans le renforcement des capacités locales pour l'avenir**, comme la mise en place de nouvelles usines d'oxygène plus proches des points de besoin ou l'augmentation de la capacité de fabrication de vaccins dans le pays.

LES ENSEIGNEMENTS

• **Des investissements et une diversification soutenus seront nécessaires** pour maintenir la capacité de production en vue de la résilience future. Par exemple, bien que la capacité de fabrication des tests COVID-19 ait augmenté de plus de 200 % à l'échelle mondiale, il sera impossible de maintenir cette capacité « élevée » lorsque la pandémie s'atténuera sans un soutien financier ou une diversification planifiée pour d'autres utilisations.[[31]](#footnote-32)

• **La redistribution de l'industrie manufacturière mondiale pour accroître la résilience locale nécessitera des efforts ciblés et s'attaquera à plusieurs problèmes**, y compris l'investissement dans la main-d' œuvre qualifiée, la recherche d'un juste équilibre dans la protection de la propriété intellectuelle (PI) et le partage des connaissances, et l'amélioration des conditions de travail.

1. **Rationalisation de la livraison**

DÉFI

• **Les restrictions imposées au commerce, aux déplacements et au travail ont perturbé les flux critiques de nourriture, de fournitures médicales et d'apports manufacturiers**. Cette situation a été exacerbée par la volatilité de la demande et la surcharge de personnel et d'infrastructures.

• **À l'échelle mondiale, ces perturbations ont eu un impact négatif sur la personne, les entreprises et l'économie**. La pénurie de biens essentiels a rendu les individus vulnérables, tout comme les licenciements intersectoriels. Les goulets d'étranglement de la production, les pénuries de main-d'œuvre et les interdictions d'exportation nuisent aux entreprises. La hausse des prix et le ralentissement de la croissance des échanges ont eu une incidence sur la croissance économique globale.[[32]](#footnote-33)

CONTRIBUTIONS DE L'INGÉNIERIE

• **Des ingénieurs sont intervenus pour faire face aux perturbations de la chaîne d'approvisionnement et assurer les efforts d'intervention critiques en cas de pandémie**. Cela comprenait des interventions visant à accroître la visibilité sur les chocs et les perturbations, comme le « C3.AI COVID-19 Data Lake »,[[33]](#footnote-34) un outil activé par l'IA qui a accéléré l'analyse des perturbations critiques de la chaîne d'approvisionnement. Il s'agissait également d'améliorer l'infrastructure matérielle, notamment en modernisant le stockage des vaccins en Mongolie pour qu'il soit économe en énergie, résistant aux tremblements de terre et doté d'une capacité quatre fois supérieure à celle des installations précédentes.[[34]](#footnote-35)

• **Ces contributions ont permis de jeter les bases de chaînes d'approvisionnement plus résilientes, réactives, collaboratives et en réseau**. Par exemple, dans le secteur agricole, l'Internet des objets (IoT) est utilisé pour la gestion automatique et à distance des stocks, avertissant de manière proactive les acteurs d'un approvisionnement insuffisant.[[35]](#footnote-36) [[36]](#footnote-37)

LES ENSEIGNEMENTS

• **La pandémie a montré la fragilité des chaînes d'approvisionnement mondiales complexes, renouvelant l'intérêt pour le raccourcissement de ces chaînes**.[[37]](#footnote-38) Les ingénieurs joueront un rôle central dans les efforts visant à accroître la résilience locale, tant dans la gestion de la logistique des chaînes d'approvisionnement plus courtes que dans l'expansion de la production locale.

• **L'accélération de la numérisation de la chaîne d'approvisionnement nécessite une plus grande uniformité de la numérisation entre les réseaux et les chaînes de valeur**. Dans de nombreux secteurs, le plein potentiel de la numérisation n'a pas été atteint parce que certaines parties de la chaîne de valeur utilisaient des systèmes incompatibles ou ne numérisaient pas au même rythme. Doter la main-d'œuvre de compétences numériques sera un élément clé pour apporter une amélioration.

1. **Renforcer les systèmes de la société**

DÉFI

• **Les systèmes et l'infrastructure sous-jacents de la société devaient résister aux perturbations liées à une pandémie**. Il s'agissait notamment de systèmes reliant les services publics de l'énergie et de l'eau, ainsi que les infrastructures physiques et numériques. Leur résilience structurelle était également une condition préalable à l'obtention de résultats positifs en matière de santé. Par exemple, les hôpitaux ne pourraient fonctionner sans accès à de l'eau potable ou à de l'électricité stable.

• **Des systèmes résilients et adaptables étaient également nécessaires pour faciliter la transition vers la nouvelle norme**; comme une connectivité réseau élargie pour permettre le travail à distance et l'éducation.

CONTRIBUTIONS DE L'INGÉNIERIE

• **Les ingénieurs ont renforcé les systèmes de la société pour améliorer les résultats en matière de santé et la résilience de la société**. Par exemple, les techniciens financés par PowerAfrica ont étendu l'énergie solaire aux centres de santé ruraux en Afrique subsaharienne;[[38]](#footnote-39) et en Iran, les ingénieurs du réseau ont travaillé pour augmenter les vitesses Internet, la base nécessaire pour faciliter le passage au travail à distance et à l'éducation à l'échelle mondiale.

• **Bien qu'ils ne soient généralement pas reconnus comme tels, ces ingénieurs étaient des travailleurs essentiels et**, dans certains cas, ils couraient un risque direct d'infection, comme les ingénieurs en assainissement qui travaillaient à renforcer les systèmes d'élimination sécuritaire des produits contaminés.[[39]](#footnote-40)

• **Bon nombre de ces systèmes renforcés auront un impact durable au-delà de la pandémie**. Les innovations révolutionnaires dans les systèmes mobiles et Internet changeront fondamentalement notre façon de travailler, d'étudier et de socialiser. De même, l'application accrue de l'IoT et de l'automatisation annoncera une nouvelle ère de réactivité et de gestion de l'infrastructure.

LES ENSEIGNEMENTS

• **Il faut faire appel à des ingénieurs plus tôt pour éclairer la prise de décisions**. La lenteur avec laquelle on consulte des experts en génie, par exemple dans le domaine de la ventilation ou de l'assainissement, a entraîné des retards critiques dans l'amélioration des directives et de l'infrastructure.[[40]](#footnote-41) De plus, ces apports de l'ingénierie doivent être mieux communiqués au public.

• **Une approche systémique est nécessaire**. La reconstruction renforcée permettra de développer l'interconnexion des systèmes, par exemple en renforçant les liens entre le numérique et le physique, et les ingénieurs devront veiller à ce que ces systèmes de plus en plus complexes soient robustes.[[41]](#footnote-42)

• **Les ingénieurs doivent également gérer les nouveaux risques associés à l'augmentation de la numérisation**, notamment en s'efforçant d'assurer l'inclusion dans l'accès et de relever les défis de la cybersécurité.

**Parmi les contributions, cette revue met également en évidence six études de cas spécifiques**

1. **Valeur de génération à partir des données**

**Des outils de surveillance communautaire co-créés par « Ending Pandemics » à but non lucratif pour prévenir les épidémies de zoonoses en Thaïlande et au Cambodge**

Utilisation d ‘« EpiHacks » : un processus collaboratif pour réunir les ingénieurs et les technologues logiciels locaux avec les responsables de la santé publique et animale pour résoudre les problèmes. Mettre fin aux pandémies a aidé les communautés à concevoir et à utiliser des applications numériques et des lignes d'assistance téléphonique pour signaler les cas d'éclosions de maladies animales et humaines.

**Impact en un coup d'œil**

• Adoption généralisée de la déclaration communautaire, ce qui a permis de signaler et de contenir avec succès des centaines d'éclosions de maladies humaines et animales.

• Adaptation rapide des outils de surveillance existants pour le signalement de la COVID-19, représentant 90 % des cas détectés au Cambodge.

1. **La course contre le virus**

**UCL et Mercedes AMG se sont associés pour développer et produire rapidement des aides respiratoires CPAP et soutenir le transfert de technologie mondial**

En réponse à de graves pénuries, les ingénieurs de l'UCL ont conçu un prototype d'aide respiratoire en moins de 100 heures et se sont associés à Mercedes AMG, qui a réorienté ses usines de Formule 1 pour produire 1 000 appareils par jour. La conception open-source a été mise à la disposition des fabricants locaux dans le monde entier.

**Impact en un coup d'œil**

• 10 000 appareils respiratoires fournis au Royaume-Uni.

• Plus de 2 000 téléchargements de plans.

• Partagé avec 25 consortiums dans le monde qui ont été en mesure de déployer la production locale.

1. **Conception pour un accès égal**

**Des innovations dans le domaine de l'analyse des eaux usées ont permis de combler les lacunes dans l'analyse de l'accès et de l'utilisation des eaux usées par les collectivités mal desservies des Amériques**

Les ingénieurs ont déployé une technologie de test des eaux usées pour détecter la quantité de COVID-19 dans les systèmes d'égouts. Non seulement les tests d'eaux usées ont aidé à détecter les variants et ont fourni un indicateur précoce d'une augmentation des infections, mais ils ont également inclus les populations mal desservies dans la surveillance COVID-19.

**Impact en un coup d'œil**

• Faciliter l'inclusion des populations mal desservies dans les données communautaires sur la COVID-19.

• Plus facile de suivre la présence de variants de la COVID-19 que les tests PCR traditionnels.

• Mise en œuvre réussie dans plus de 50 pays à travers le monde.

1. **Augmenter la production**

**Des initiatives multipartites ont commencé à renforcer les capacités de fabrication de vaccins sur le continent africain**

La COVID-19 a souligné la dépendance de l'Afrique à l'égard des vaccins importés. Depuis la pandémie, des initiatives publiques et privées ont commencé à développer des capacités de développement et de fabrication de vaccins de bout en bout sur l'ensemble du continent.

**Impact en un coup d'œil**

• Depuis le début de la pandémie, les parties prenantes en Algérie, en Égypte, au Maroc, au Rwanda, au Nigéria, au Sénégal et en Afrique du Sud se sont engagées à développer la fabrication de vaccins ou ont commencé la production.

1. **Rationalisation de la livraison**

**VillageReach, une ONG de technologie pour la santé, s'est associée à des développeurs de drones pour transporter des fournitures médicales vers des zones difficiles d'accès en RDC, au Malawi et au Mozambique**

Pendant la pandémie, VillageReach a adapté ses réseaux de transport à drones pour combler les lacunes dans la fourniture d'outils médicaux COVID-19 pour les communautés éloignées, telles que celles ayant un accès routier insuffisant ou celles qui sont inaccessibles en raison des inondations.

**Impact en un coup d'œil**

• Réponse rapide en adaptant les systèmes existants pour répondre aux nouveaux contextes et besoins.

• Accélération du diagnostic et du traitement de la COVID-19 et d'autres maladies.

• Accès à des médicaments et à des vaccins pour des milliers de patients dans des régions éloignées.

1. **Renforcer les systèmes de la société**

**Edtech Venture, Educational Initiatives, a adapté son logiciel d'apprentissage en ligne pour l'accès communautaire et l'atténuation de la perte d'apprentissage en Inde**

Dans le contexte de fermetures prolongées d'écoles en Inde, Educational Initiatives a fait pivoter sa solution edtech pour que les écoles soient accessibles dans les foyers et les communautés. Le logiciel a un impact puissant sur les résultats d'apprentissage en utilisant une technologie d'apprentissage adaptative pour personnaliser le contenu en apprenant le niveau des utilisateurs.

**Impact en un coup d'œil**

• Environ 125 000 étudiants ont été joints, dont un grand nombre dans des ménages à faible connectivité.

• Perte d'apprentissage atténuée : selon une étude, les élèves ont atteint des résultats d'apprentissage cinq fois plus élevés que les objectifs fixés et par rapport aux pairs qui n'avaient pas accès à la solution des initiatives éducatives.

**En conclusion, la revue distille les facteurs clés qui ont permis aux ingénieurs d'avoir un impact dans la réponse à la COVID-19.**

**Réfléchissant à ces facteurs, ce rapport appelle la communauté de l'ingénierie, les décideurs politiques, les acteurs de la santé publique, les universités et les bailleurs de fonds à agir pour amplifier la valeur de l'ingénierie dans la résilience future aux pandémies.**

FACTEURS D'IMPACT

**Ralliement autour d'un sens commun de l'objectif.** Cela a permis aux ingénieurs de prendre des risques ou d'innover dans des délais sans précédent ; par exemple, prélever un vaccin d'un échantillon viral pour l'approuver et le fabriquer en moins d'un an.

**Utilisation flexible des systèmes existants.** Les systèmes et les modèles commerciaux capables de résister aux chocs ou de pivoter étaient essentiels à la résilience ; tels que les usines automobiles pivotant vers la construction de ventilateurs ou l'adaptation des applications de santé existantes pour les consultations à distance.

**Optimiser pour les environnements à faibles ressources à court terme ; et à long terme, renforcer les systèmes de santé et la capacité industrielle.** Les ingénieurs ont optimisé les solutions pour les contextes à faibles ressources, tels que les laboratoires portables pour les zones avec une infrastructure de santé limitée. À long terme, cependant, cela nécessitera de combler les lacunes systémiques dans ces contextes, comme le renforcement des capacités de fabrication ou l'expansion de la connectivité.

**Application de la pensée systémique et une sensibilité au contexte plus large d'une intervention.** Il s'agissait notamment de faire en sorte qu'un drone innovant fonctionne dans le cadre des systèmes de prestation de soins de santé existants ou de travailler avec les membres de la communauté pour favoriser l'adoption de nouvelles solutions edtech.

* APPELS À L'ACTION

**Identifier systématiquement les lacunes dans la résilience aux pandémies et canaliser stratégiquement le financement pour y remédier.**

Compte tenu des enseignements tirés, il est nécessaire de procéder à des examens plus systématiques, d'améliorer la planification et de coordonner le financement pour améliorer la résilience de la société. Les interventions potentielles comprennent :

* entreprendre des audits de résilience (en utilisant la pensée systémique) pour identifier les domaines de renforcement des institutions ou des mécanismes de réponse ;
* mettre à jour les ensembles de données et les systèmes de données utilisés pour prendre des décisions et éliminer les biais ;
* réorienter les groupes d'intervention d'urgence en les dotant d'une plus grande capacité de génie ;
* fournir du financement selon des priorités et des objectifs communs prédéfinis.

FACTEURS D'IMPACT

**Employer des compétences et des capacités spécialisées**. L'application des compétences techniques, de l'analyse des données à la construction d'urgence, était essentielle. De plus, lorsque les ingénieurs étaient proches des communautés qu'ils servaient, ils ont adapté leurs compétences pour fournir des solutions adaptées à leurs besoins.

* APPELS À L'ACTION

**Renforcer la formation et la capacité des ingénieurs locaux, en tenant compte des compétences nécessaires pour la réponse et la résilience pendant les pandémies.**

L'expérience de la COVID-19 a révélé la diversité des compétences techniques et non techniques nécessaires pour une réponse forte, ainsi que là où cela fait défaut. Les interventions potentielles comprennent :

* entreprendre la planification des effectifs afin de cerner et de combler les lacunes en matière de compétences pour les interventions futures ;
* à court terme, combler les écarts de capacité par des programmes d'échange ou des formations ponctuelles ;
* à long terme, aider les universités et les fournisseurs de compétences locaux à concevoir des programmes d'études, à former les enseignants et à établir des liens entre les universités et l'industrie qui comblent les lacunes dans les compétences propres à une pandémie.

FACTEURS D'IMPACT

**Apprendre à travers les pays.** Les ingénieurs ont collaboré entre les pays et facilité les transferts internationaux de technologie, notamment en apprenant des innovateurs dans des contextes de ressources limitées.

**Coordination entre les disciplines et les secteurs.** Cela était nécessaire pour s'attaquer à des problèmes complexes sous de multiples angles, tels que les ingénieurs travaillant en étroite collaboration avec les responsables des politiques publiques ou les professionnels de la santé pour comprendre leurs besoins et concevoir des solutions ensemble.

**Développer une communication efficace entre les experts techniques, les décideurs et le grand public.** Dans un contexte d'incertitude, les ingénieurs et les experts techniques devaient renforcer la confiance et la compréhension des décideurs et du grand public autour de sujets complexes et en évolution rapide.

* APPELS À L'ACTION

**Créer et soutenir des mécanismes de collaboration entre les disciplines et les pays, qui persévèrent dans le contexte de crise.**

La résilience face à la pandémie nécessite une action coordonnée entre les pays et les disciplines. Les systèmes destinés à faciliter ce processus doivent être mis en place ou renforcés en « temps de paix ». Les interventions potentielles comprennent :

* concevoir et financer des équipes ou des programmes d'innovation (comme des incubateurs) qui relient l'ingénierie à d'autres disciplines ;
* créer, renforcer et maintenir activement des plateformes ou des forums de collaboration numérique, en captant l'élan amorcé pendant la COVID-19 ;
* soutenir les initiatives visant à accroître l'adoption de normes ouvertes en matière de science et de partage des données ;
* exécuter des programmes axés sur le développement d'une communication efficace entre les experts techniques, les décideurs et le grand public.

1. COVID-19 situation update worldwide, European Centre for Disease Prevention and Control, 2022 [↑](#footnote-ref-2)
2. Impact of COVID-19 on people’s livelihoods, their health and our food systems, WHO, 2020 [↑](#footnote-ref-3)
3. Four lessons the pandemic has taught us about health data, Steventon, 2021 [↑](#footnote-ref-4)
4. Ventilator market set to return to pre-pandemic levels in 2021, Medical Device Network, 2021 [↑](#footnote-ref-5)
5. Export restrictions do not help fight COVID-19, UNCTAD, 2021 [↑](#footnote-ref-6)
6. How COVID-19 impacted supply chains and what comes next, EY, 2021. [↑](#footnote-ref-7)
7. Global shortage of personal protective equipment, Burki T., 2020 [↑](#footnote-ref-8)
8. Using mobile big data to help inform the fight against COVID-19 in the Democratic Republic of Congo, GSMA, 2020 [↑](#footnote-ref-9)
9. UNICEF, Using Data Innovation to Improve Health Outcomes in Uganda, 2021 [↑](#footnote-ref-10)
10. Efficient and targeted COVID-19 border testing via reinforcement learning, Hamsa et al, Nature, 2021 [↑](#footnote-ref-11)
11. WHO Chatbot available at: https://www.whatsapp.com/coronavirus/ [↑](#footnote-ref-12)
12. WHO launches a chatbot on Facebook Messenger to combat COVID-19 misinformation, WHO, 2020 [↑](#footnote-ref-13)
13. Oxford scientists develop rapid testing technology for COVID-19, University of Oxford, 2020 [↑](#footnote-ref-14)
14. How Telehealth company Coviu used the pandemic to boost their business, Australian Institute of Company Directors, 2020 [↑](#footnote-ref-15)
15. Health technology report, ATSE, 2020 [↑](#footnote-ref-16)
16. Medical PPE unfit for women on COVID-19 frontlines, Owings L, 2021 [↑](#footnote-ref-17)
17. Digital Poverty and its Impact on Education Inequality, Learning Hive.2022 [↑](#footnote-ref-18)
18. Customized design and 3D printing of face seal for an N95 filtering facepiece respirator, Cai et al, 2018 [↑](#footnote-ref-19)
19. CallGenie - Video Calls Direct to Their TV, Age Space [↑](#footnote-ref-20)
20. OxERA® DEVICE, Umoya, 2021 [↑](#footnote-ref-21)
21. Learning Equality, Kolibri, Date Accessed: July 2022 [↑](#footnote-ref-22)
22. Covid: Pulse oxygen monitors work less well on darker skin, experts say, BBC, 2021 [↑](#footnote-ref-23)
23. Hundreds of AI tools have been built to catch covid. None of them helped., MIT Technology Review, 2021 [↑](#footnote-ref-24)
24. COVID-19 Research Project Tracker by UKCDR & GloPID-R, Date Accessed: June 2022 [↑](#footnote-ref-25)
25. Expert interviews [↑](#footnote-ref-26)
26. Export restrictions do not help fight COVID-19, UNCTAD, 2021 [↑](#footnote-ref-27)
27. Expert interviews [↑](#footnote-ref-28)
28. From clothing production to PPE manufacturing: factories pivot during the pandemic, Better Work, 2020 [↑](#footnote-ref-29)
29. Coronavirus: inside story of how Mercedes F1 and academics fast- tracked life saving breathing aid, The Conversation, 2020 [↑](#footnote-ref-30)
30. Formlabs’ 3D Printed Naspharyngeal Test Swabs Honoured as a World Changing Idea by Fast Company, Formlabs, 2021 [↑](#footnote-ref-31)
31. COVID-19 diagnostics: preserving manufacturing capacity for future pandemics, Hannay et al, 2022 [↑](#footnote-ref-32)
32. [1] Supply chain disruptions and the effects on the global economy, ECB, 2021 [↑](#footnote-ref-33)
33. C3.AI Data Lake, website [↑](#footnote-ref-34)
34. Responding To The Covid-19 Crisis In Mongolia With A Climate-friendly Central Vaccine Store, World Bank, 2022. [↑](#footnote-ref-35)
35. IoT and the Supply Chain: How Machine Learning Eases Bottlenecks, DIGI, 2021 [↑](#footnote-ref-36)
36. See, for example: IoT and the Coffee Supply Chain, DIGI, 2021 [↑](#footnote-ref-37)
37. Building back better: A sustainable, resilient recovery after COVID-19, OECD, 20 [↑](#footnote-ref-38)
38. Solar energy ensures reliable power to India’s rural health clinics, Energizing rural India, 2021 [↑](#footnote-ref-39)
39. Telecom security during a pandemic, Enisa, 2020 [↑](#footnote-ref-40)
40. Expert interviews. [↑](#footnote-ref-41)
41. A systems approach to infrastructure delivery, Institution of Civil Engineers, 2020 [↑](#footnote-ref-42)