

Internet est maritime : les enjeux des câbles sous-marins

Dominique Boullier

Professeur de sociologie à Sciences Po, médialab.

Publié dans

Boullier, D., " Internet est maritime: les enjeux des câbles sous-marins", RIS, La Revue Internationale et Stratégique, n° 95, Automne 2014, pp. 149-158.

Qui dit Internet dit connexions entre plusieurs types de réseaux qui utilisent le même protocole alors que dans les années 1970, chaque réseau physique pouvait avoir son protocole spécifique. La couche physique de tous les réseaux informatiques constitue la première couche du modèle OSI (Open Systems Interconnection), là où se transmettent les signaux électriques ou optiques, qui peuvent être gérés par des protocoles différents. Cette diversité matérielle est désormais transparente pour l'utilisateur ordinaire, qui ne sait plus si ses communications et, plus exactement, les paquets qui la composent empruntent des réseaux filaires, en paire de cuivre, en Ethernet, en fibre optique ou en coaxial, sans fil, satellitaires ou des câbles sous-marins.

Pour toutes ces architectures de réseaux et pour leur connexion internationale, les câbles sous-marins restent les infrastructures décisives. La pose des premiers câbles transatlantiques fait partie des avancées déterminantes pour les télécommunications, dès le début de leur histoire. Après les premiers essais en 1838, le premier câble fonctionnel fut posé en 1851 entre le cap Gris-Nez et Southampton, et servit avant tout à transmettre par télégraphe les cours des bourses. Le premier câble transatlantique fut posé en 1858, le premier câble transpacifique en 1902, tous deux analogiques. Les répéteurs furent mis au point en 1955, permettant la fiabilité de la transmission de la voix – jusqu'ici seuls des télégrammes étaient transmis. Le protocole d'Internet fut établi en 1973 (TCP [Transmission Control Protocol], couche transport) puis 1978 (TCP séparé de IP [Internet Protocol], couche réseau), mais les câbles dont il était question dans cet « inter-networks » restaient analogiques pour les transmissions internationales. Un saut décisif fut accompli lorsque le premier câble à fibres optiques (TAT-8, transatlantique) fut posé en 1988 : les capacités de transmission augmentèrent alors rapidement, en démultipliant le nombre de fibres par câble, auquel s'ajoute un multiplexage permettant de faire passer plusieurs signaux sur la même couleur de la fibre – plus de 100 couleurs avec la technologie Dense WaveLight Division Multiplexing (DWDM), mise au point en 2005. Désormais, environ 95 % des demandes de télécommunications sont assurées par les câbles sous-marins, qui constituent un réseau de 1 million de kilomètres en 2012¹. Leur fiabilité, leur sécurité et leur faible coût comparé aux liaisons satellites en font des infrastructures décisives de la « globalisation », tout autant que les systèmes de porte-conteneurs. Les routes choisies, les points d'accès sont déterminants pour la connectivité d'un pays, devenant des enjeux stratégiques majeurs pour le développement économique et

¹ Nous ne traitons ici que des réseaux de télécommunications car les câbles sous-marins sont utilisés aussi pour la transmission de l'énergie, notamment avec le développement des fermes éoliennes.

l'indépendance. Le câble le plus long, Sea-We-Me 4 – entre l'Europe de l'Ouest et l'Asie du Sud-Est –, fait ainsi 40 000 kilomètres de longueur et comporte plusieurs points d'accès dans les pays situés le long de sa route.

Les propriétés techniques des câbles

Les câbles sous-marins sont constitués d'un noyau de fibres optiques – une fibre optique n'est pas plus épaisse qu'un cheveu humain et on peut donc en grouper jusqu'à 16 dans un câble – protégé par des enveloppes d'aluminium, de cuivre, de polycarbonate et de polyéthylène d'une épaisseur globale de 17 à 21 millimètres. Ils sont posés sur des fonds de plus de 2 000 mètres, et parfois même jusqu'à 8 000 mètres, près du Japon. Le signal qui parcourt la fibre optique, la lumière, perd de sa force et doit régulièrement être restauré à intervalles de 50 à 80 kilomètres. Cela nécessite l'installation de répéteurs qui doivent être alimentés par de l'électricité à haute tension. La pose et la maintenance d'un câble sous-marin sont ainsi des activités de haute technologie. La charrue des mers, qui enfouit le câble, est l'instrument le plus spectaculaire mais les navires câbliers, qui effectuent la pose, doivent contrôler visuellement en permanence la qualité du travail. De même, la maintenance requiert des investissements considérables : les innovations se succèdent et il est nécessaire de mettre à niveau certains câbles posés depuis près de vingt ans. La technologie DWDM permettait des débits de 10 gigabites par seconde (Gbt/s) ; il est désormais possible d'installer des fibres de 40 Gbt/s et même de 100 Gbt/s : la valeur d'un investissement tel que la pose d'un câble peut être démultipliée à condition d'envoyer les navires changer les répéteurs pour assurer la mise à niveau. Les nombreux incidents dont sont victimes les câbles sous-marins justifient avant tout ces travaux constants de maintenance. Les compagnies se sont organisées en sept zones de surveillance dans le monde (Cable Maintenance Agreements) pour en partager les coûts. Deux grandes sources de dommage existent : les tremblements de terre – certains secteurs, comme le détroit de Luzon au Sud de Taïwan, sont alors à éviter – et les accrochages par les chalutiers ou les ancres, dans des zones comme Singapour. Les contraintes géologiques et la suractivité de pêche industrielle dans le fond des mers peuvent également modifier considérablement certaines routes, sans parler de risques strictement géopolitiques. Or, tout détour est non seulement coûteux mais aussi pénalisant pour la performance des transmissions. La question de la latence – le temps nécessaire à un paquet informatique pour passer de sa source à sa destination – est devenue l'obsession technique des réseaux, plus que le débit ou la bande passante. En effet, les activités financières qui pratiquent le High Frequency Trading se jouent à des millisecondes d'écart pour pouvoir lancer puis annuler des ordres qui modifient l'état du marché.

Géographie des câbles sous-marins

La carte des câbles sous-marins reflète clairement comment les priorités des investissements vont aux marchés de télécommunications solvables, même si certains tracés sont aussi liés à

des enjeux géostratégiques. Si l'examen des cartes actuelles est instructif², c'est avant tout la croissance de chacune des zones qui constitue un indicateur des changements importants de priorités et des perspectives d'avenir pour les économies locales.

Croissance des capacités actives sur les principales routes sous-marines (2007-2012)

Afrique sub-saharienne (intercontinental)	71,2 %
Amérique du Nord / Amérique du Sud	54,2 %
Asie du Sud-Est	46,6 %
Asie du Sud et Moyen-Orient (intercontinental)	41,2 %
Transpacifique	36,2 %
Australie et Nouvelle-Zélande (intercontinental)	33,1 %
Transatlantique	26,9 %

Source : Terabit Consulting, *Submarine Telecoms Industry Report*, Sterling, 2013.

L'hypertrophie des liaisons transatlantiques entre l'Europe de l'Ouest et l'Amérique du Nord est ancienne. La capacité actuelle est estimée à 19,8 térabits par seconde (Tbps), la plus élevée de toutes les relations intercontinentales. Mais le ralentissement est très net dans les investissements – croissance de 26,9 % entre 2007 et 2012, la plus faible de toutes les zones : les deux seuls projets envisagés depuis 2010 visaient le marché à faible latence, qui répond aux besoins des services financiers, mais sont tous les deux en panne. Les liaisons transpacifiques ont, pour leur part, connu une croissance régulière pour atteindre une capacité de 15,2 Tbps à la fin de l'année 2012. Le Japon en utilise 3 Tbps et la Chine 2 Tbps, dont 52 % sont orientés vers les États-Unis malgré une forme d'autarcie organisée de l'Internet chinois, qui s'est coupé du système de noms de domaine mondial le 1^{er} septembre 2006 – elle gère désormais son propre registre. Les liaisons entre les sous-continentaux américains représentent une capacité de 6,3 Tbps et sont l'objet d'une croissance accélérée, de 54 % sur les cinq dernières années. La croissance du Brésil, notamment la Coupe du monde de football et les Jeux olympiques, a joué un rôle d'entraînement certain, tout comme le plan brésilien de Télébras (PNBL) de fourniture de 1 mégabit par seconde (Mbps) dans les foyers pour 18 dollars par mois. Les infrastructures peuvent donc refléter des développements économiques différenciés mais aussi les anticiper, les favoriser et les « amplifier »³. Il est alors possible d'amplifier certaines tendances en faveur de régions plutôt que d'autres. Ainsi, d'autres critères peuvent jouer dans le développement de relations *via* les câbles sous-marins puisqu'en 2014 est installé un câble entre l'Angola et le Brésil (South Atlantic Cable System), le premier Sud-Sud entre pays lusophones.

L'effet démultiplicateur de l'investissement dans le câblage par fibre optique de tous les pays devrait se constater de façon éclatante pour l'Afrique, qui affiche une croissance de 71 % entre 2007 et 2012. C'est en tous cas le pari des investisseurs, qui ont consacré 3MM de dollars entre 2009 et 2012 pour la pose de 7 grands câbles – 3 sur la côte Est et 4 sur la côte Ouest, sans compter des câbles régionaux. Jusqu'en 2000, la côte entre Djibouti et l'Afrique

² Voir par exemple les sites www.cablemap.info, www.submarinecablemap.com ou submarine-cable-map-2014.telegeography.com

³ Elizabeth Eisenstein, *La révolution de l'imprimé dans l'Europe des premiers temps modernes*, Paris, La Découverte, 1911.

du Sud était la dernière au monde à ne pas être équipée d'un câble sous-marin. L'explosion du mobile a démontré la nécessité d'équiper tout le continent avec des liaisons à grande capacité avec le reste de l'Internet, alors que la capacité satellite restait la seule voie. Plusieurs autres facteurs ont pu jouer : le report des investisseurs depuis le marché saturé des liaisons transatlantiques et l'appui de la Banque mondiale et de la Banque africaine de développement. De plus, l'idée de stimuler la demande dans cette région du monde en cours d'équipement mobile massif a pu intéresser les compagnies de télécommunications. Cependant, il ne faut pas nier les difficultés rencontrées pour réellement faire bénéficier les pays de ces capacités posées sur le fond des mers : les compagnies sont très dispersées, sans grand opérateur continental, ce qui risque de les empêcher de peser sur les négociations de prix avec les opérateurs des câbles. De plus, les liaisons terrestres depuis le point d'atterrissage du câble sous-marin restent à construire, alors que la croissance du marché du mobile a pu se faire précisément parce qu'elle économisait les travaux de terrassement, qui sont toujours les plus onéreux.

La zone du sous-continent indien, de l'océan Indien et du Moyen-Orient connaît les mêmes problèmes, malgré une croissance assez dynamique entre 2007 et 2012 (41 %) : les développements en fibre optique terrestre doivent être réalisés pour que les avantages des câbles sous-marins soient véritablement perceptibles par les utilisateurs et porteurs d'activité économique réelle. La valeur du réseau dépend de son maillon le plus faible, dans le cas présent les liaisons terrestres en fibre optique. La qualité de services de bout en bout doit être assurée et les capacités mises à disposition par les câbles sous-marins peuvent, dans certains cas, s'avérer un temps surdimensionnées.

La région australienne ne fait que confirmer son lien privilégié avec les États-Unis (80 % de ses 1 Tbps). Un projet pacifique direct (Pacific Fibre) avait été envisagé lorsque Megaupload, le site de téléchargement basé en Nouvelle Zélande, prétendait y investir, mais le projet a été abandonné depuis ses ennuis juridiques, en 2012. Enfin, des espoirs de raccourcis par le pôle Nord sont envisagés mais n'ont pas encore aboutis en raison des réelles complications diplomatiques d'une telle opération.

Forces du marché et contraintes étatiques

Le marché du câble sous-marin pourrait ou devrait être considéré comme stratégique et, à ce titre, faire l'objet de politiques internationales d'investissements massifs, comme on le tente en Afrique à petite échelle. En réalité, il est dominé par quelques grands groupes qui possèdent le savoir-faire et les équipements nécessaires. Ces groupes effectuent leurs prestations pour des opérateurs de câbles sous-marins (*carriers*) qui savent rassembler ou agissent en leur propre nom pour revendre les capacités à tous les autres opérateurs de télécommunications. Entre 2003 et 2013, le marché de la pose de câbles sous-marins pour les télécommunications s'est réparti de la façon suivante :

- Alcatel-Lucent : 47 % ;
- TE SubTelecom : 30 % ;
- NEC : 12 % ;
- Fujitsu : 4 % ;

- Huawei Subware : 2 % ;
- NSW : 2 %⁴.

D'autres compagnies se sont aussi spécialisées dans la mise à niveau des câbles, les principales étant Cienan, Infinera, Mitsubishi, Xtera. Toutes dépendent cependant des commandes effectuées par les *carriers*, qui financent la pose de ces câbles. Les plus importantes furent d'abord américaines, comme Level3 – qui a acquis Global Crossing en 2011 – et Hibernia Networks. Puis les Indiens lancèrent plusieurs opérations avec des compagnies comme Reliance et Tata, dont on ne sait si elles vont rester durablement dans ce secteur. Désormais, la Chine prend les initiatives majeures avec China Mobile, China Telecom et China Unicom, confirmant un basculement général vers l'Asie. Tous sont, directement ou sous forme de filiale, reliés à des opérateurs de télécommunications et ont assuré jusqu'ici 71 % des investissements.

Les autres investisseurs se sont lancés dans ces opérations au moment de la bulle Internet mais l'éclatement de celle-ci les a fait disparaître. Le marché de la pose des câbles s'est alors complètement arrêté jusqu'en 2008. Un nouvel entrant a fait beaucoup parler de lui, Google, associé à Pacnet – basée à Hong-Kong et Singapour – dans le projet Unity EAC Pacific entre le Japon et les États-Unis, opérationnel depuis 2010. Facebook est aussi annoncé comme futur investisseur, ce qui constituerait une nouvelle prise de contrôle par les plates-formes Internet qui, grâce à leurs avoirs disponibles, disposent d'une grande liberté d'action et peuvent prétendre se libérer de la tutelle des opérateurs. La compétition sur les câbles sous-marins n'est donc pas fermée et la répartition des rôles pourrait très bien être remise en cause, tant la capacité disponible et la latence deviennent des atouts stratégiques.

Cependant, des régulations existent et la complexité d'un dossier n'est pas seulement technique, tant les relations avec les États peuvent devenir essentielles pour obtenir les autorisations nécessaires. En dehors de toutes les caractéristiques techniques, qui demandent une évaluation précise des risques et des contraintes, les éléments plus diplomatiques à prendre en compte pour définir une route sont les points d'atterrissage, les eaux territoriales – jusqu'à 12 miles des côtes –, les zones contigües – jusqu'à 24 miles des côtes –, les zones économiques exclusives – 200 miles des côtes qui peuvent parfois être étendues – et toutes les frontières maritimes, les enjeux géopolitiques dans les zones contestées, les permis de pêche, les zones de protection environnementales, les autres câbles sous-marins, les *pipelines*, etc. Les négociations peuvent être longues avec les gouvernements ainsi qu'avec toutes les parties prenantes utilisatrices de l'océan. Mais l'intérêt économique des pays connectés est souvent si évident que les opérations sont facilitées par les gouvernements eux-mêmes.

Les enjeux territoriaux : inégalités et sécurité

Les inégalités demeurent très présentes puisque 20 pays restent entièrement sans connexion à une fibre alors que 16 – dont 10 en Afrique – ne sont connectés qu'à une seule. Les points d'atterrissage deviennent les premiers bénéficiaires des liaisons à hautes capacités. Leur localisation dépend largement de conditions géographiques, qui peuvent réduire

⁴ Terabit Consulting, *op. cit.*

considérablement les choix. Les États-Unis possèdent une grande quantité de points d'entrée mais une très grande partie du trafic européen avec l'Amérique du Nord transite par trois points d'entrée, situés en Cornouailles, au Royaume-Uni⁵. Andrew Blum considère que les cartes des réseaux actuels montrent des accès privilégiés par les ports, reproduisant des traditions très anciennes⁶. Cependant, pour l'Europe et les États-Unis, certaines zones géographiques, pointes avancées dans la mer, offrent des avantages remarquables sur certains points d'entrée plus traditionnels.

Dès lors que ces points d'atterrissage sont choisis dans des pays avec peu de connexions, ils prennent un avantage très net pour faciliter l'implantation d'entreprises ou de services consommateurs de débits. Des services délocalisés depuis les pays développés peuvent être localisés dans ces zones – comme des centres d'appel –, des compétences locales et des activités économiques diverses être attirés localement. Les points d'atterrissage sont aussi des points faibles en matière de sécurité. Il est désormais reconnu que les points d'entrée constituent les meilleurs accès pour contrôler les données de ces réseaux. Le scandale de la National Security Agency (NSA), révélé par Edward Snowden, l'a amplement démontré puisque les services de renseignement britanniques se sont directement connectés sur les points d'atterrissage des câbles en Cornouailles.

Mais le faible nombre de fibres peut, à lui seul, créer les conditions de fragilité d'un pays ou faciliter le contrôle par les régimes politiques non démocratiques. En France, la diversité des points d'accès, des opérateurs et des propriétaires des câbles rend, de fait, improbable toute perte de connectivité avec Internet. Ce n'est pas le cas de la Syrie, qui a connu des coupures de quelques jours en novembre 2012 et en mai 2013, qui ont parfois touché l'ensemble des télécommunications. La brutalité de ces chutes laisse supposer une action délibérée car le pays possède quatre câbles –Aletar (relié à Alexandrie), Berytar (relié à Beyrouth), Alasia et Ugarit (reliés à Pentaskhinos, à Chypre) – qui arrivent tous à Tartus et auraient pu, l'un ou l'autre, maintenir un certain trafic en cas d'incident technique. Cette fragilité est donc une ressource aux mains des régimes non démocratiques. Tous les pays arabes ont connu des épisodes de coupure d'Internet au moment de leurs révolutions. Elle fut particulièrement longue en Égypte – cinq jours en janvier 2011 – et n'a pu être surmontée que grâce à l'intervention de hackers utilisant les lignes téléphoniques et des modems anciens. Pourtant, la question des accès physiques restreints ne semble pas avoir été le seul facteur. L'Égypte comptait à l'époque quatre opérateurs qui ont tous subi les décisions du régime et ont, de fait, fermé les accès. La diversité des opérateurs dans un pays donné reste, dès lors, un atout pour rendre la tâche des régimes autoritaires plus difficile et garantir le maintien de certaines liaisons mais n'est pas suffisante, comme on le voit.

Cette région du canal de Suez reste cruciale pour la sécurité de nombreux câbles entre l'Europe et l'Asie du Sud-Est ou, plus récemment, l'Afrique. En 2008, les câbles See-We-Me et FLAG furent coupés simultanément et les conséquences furent dramatiques pour l'Inde, qui perdit 80 % de sa bande passante internationale. Depuis, d'autres routes terrestres ont été recherchées *via* la Syrie, puis l'Iran et l'Irak mais ces solutions ne sont guère plus sûres.

⁵ Todd Lindeman, « A connected word », *The Washington Post*, 6 juillet 2013.

⁶ Andrew Blum, *Tubes. Behind the Scenes at the Internet*, London, Harper & Collins, 2012, p. 194.

L'*Egyptian bypass* reste une des préoccupations de sécurité des routes pour les câbles comme pour l'approvisionnement en pétrole. Il devient cependant peu intéressant de contourner tout le continent africain même si le câblage généralisé de l'Afrique a, de fait, réalisé l'opération.

La Chine peut sembler moins vulnérable, ou plus ouverte, puisque quatre grands points d'accès de câbles sous-marins peuvent être identifiés : Qingdao, Shanghai, Shantou et Hong-Kong. Cependant, la volonté de contrôle d'Internet est jugée si cruciale que le *Great Firewall* fonctionne en permanence avec une armée de plusieurs dizaines de milliers de contrôleurs qui peuvent fermer les accès à certains sites à volonté. L'altération sécuritaire d'Internet, mise en place depuis le 11 septembre 2001 et confirmé par les révélations d' E. Snowden, finit par réunir les dictatures et les services de renseignement des pays démocratiques dans un souci d'accès aux points d'atterrissage des câbles sous-marins, à leurs connexions avec le réseau terrestre mais aussi dans un contrôle des alliances entre compagnies. Ainsi, la pose de câbles fait l'objet de batailles commerciales et sécuritaires importantes, qui portent moins sur le contrôle des câbles que sur les composants technologiques qu'ils comportent, comme en témoigne un conflit récent entre les États-Unis et l'opérateur chinois Huawei, qui opérait pour Hibernia en février 2013, et qui fut rejeté par le gouvernement fédéral.

Lors du récent scandale Snowden / NSA / Prism, le *Washington Post* a révélé que les États-Unis ont tout fait pour maintenir un contrôle stratégique sur les firmes de câbles, grâce à une cellule spéciale « Team Telecom », qui a notamment fait échouer un projet de rachat de la société Global Crossing par une firme de Hong-Kong en 2003. La compagnie Singapore Technologies Telemedia, qui racheta finalement l'entreprise, dut accepter des règles très strictes pour garantir que les principaux postes restent occupés par des citoyens américains et que la NSA puisse avoir accès aux données transitant sur les câbles⁷.

Le réseau Internet a subi une altération sécuritaire majeure le 11 septembre 2001. La machine sécuritaire s'est emballée dans tous les pays et l'architecture fluide d'Internet est devenue une menace pour les États démocratiques, sans parler des États autoritaires qui avaient déjà senti la nécessité de tenir ce potentiel de communication sous haute surveillance. Les points d'accès matériels des réseaux comme les câbles sous-marins sont autant d'occasion de capter tous ces flux d'information pour ces agences, qui les rapatrient vers leurs centres de décision – Fort Meade, près de Washington – ou de calcul – par exemple Bluffdale, Utah. Cette altération sécuritaire a remis en cause le modèle du réseau distribué – et non seulement décentralisé –, choisi pour des raisons de robustesse face à d'éventuelles attaques de l'ennemi de la guerre froide. La vision sécuritaire actuelle cible certains points faibles pour capter toutes les informations, notamment directement sur les câbles sous-marins. Ce qui obligera nécessairement à des révisions radicales, telles que le cryptage généralisé, pour assurer la qualité de service et la confidentialité promises aux clients.

Mais cette altération sécuritaire de la vision distribuée a été renforcée par une autre grande peur, que l'on peut dater de l'effondrement de l'industrie de la musique face à une architecture *peer-to-peer*⁸ qui profitait à plein du caractère distribué d'Internet. Une seconde

⁷ Craig Timberg et Ellen Nakashima, « Agreements with private companies protect U.S. access to cables' data for surveillance », *The Washington Post*, 6 juillet 2013.

⁸ Né en 1999, Napster est contraint de fermer en 2002.

altération commerciale du caractère distribué du réseau des réseaux s'est ainsi mise en place sous le coup de la riposte généralisée des ayants droit détenteurs de la rente.

Mais ces « grandes peurs » se trouvent indirectement renforcées par les effets même de la croissance de la connectivité du réseau Internet. La concentration des activités des internautes autour de quelques grands nœuds que sont désormais Google et Facebook, par exemple, fait bénéficier ces entreprises d'effets de monopoles qui mobilisent la majeure partie des ressources du réseau à leur profit. Certains nœuds attirent plus les nouveaux arrivants – attachement préférentiel – et créent, de ce fait, une connectivité plus grande avec ces nœuds déjà puissants. Le réseau, qui avait été pensé comme distribué, est désormais dépendant des centres que sont les fermes de serveurs de Google ou de Facebook, certes disséminées dans le monde mais cependant bien matérielles et localisées. On comprend mieux, dès lors, l'inquiétude de tous les *carriers* qui voient arriver Google, Facebook, voire Microsoft dans les activités de câblage sous-marin. Il est, en effet, essentiel pour ces plates-formes d'assurer directement des liaisons performantes entre leurs fermes de serveurs et leurs ressources en *cash* leur permettent d'investir dans les câbles comme elles le font dans tant d'autres activités. Mais elles sont susceptibles, à terme, de devenir les autorités qui décident des routes des câbles en fonction de leurs fermes de serveurs avant toute chose. L'altération commerciale se renforce alors de cette altération topologique pour prendre une forme topographique durable, celle de la carte des câbles sous-marins. Comme l'écrit Lawrence Lessig, « code is law »⁹, ou une autre façon de faire la politique, le code étant la partie la plus *soft* alors que les réseaux, les supports, les câbles sous-marins, etc., peuvent en être le *hard* et opérer aussi comme loi, comme producteurs de droit. Les enceintes où sont prises ces décisions n'ont rien de démocratiques et relèvent de ce qu'Ulrich Beck appelle « sub-politics »¹⁰, celle qui se fait dans les laboratoires, les conseils d'administration des grandes firmes et les instances de standardisation, par exemple. Diffuser une connaissance plus large de cette matérialité des réseaux, de la fragilité du monde commun qui s'est construit avec Internet et qui est en train de se cloisonner à nouveau constitue un enjeu démocratique, pour rééquiper le public en vue d'une forme de contrôle et de participation au débat démocratique sur ces architectures techniques¹¹, d'autant plus invisibles qu'elles sont sous-marines.

⁹ Lawrence Lessig, *Code and other laws in cyberspace*, New York, Basic Books, 1999.

¹⁰ Ulrich Beck, *The reinvention of politics*, Cambridge, Polity Press, 1997.

¹¹ Voir Dominique Boullier, « Politiques plurielles des architectures d'Internet », *Sens Public*, n° 7-8, octobre 2008, pp.177-202 ; et Dominique Boullier, « Preserving diversity in social networks architectures », in Françoise Massit-Follea, Cécile Méadel et Laurence Monnoyer-Smith (dir.), *Normative Experience in Internet Politics*, Paris, Presses de l'École des Mines, 2012.