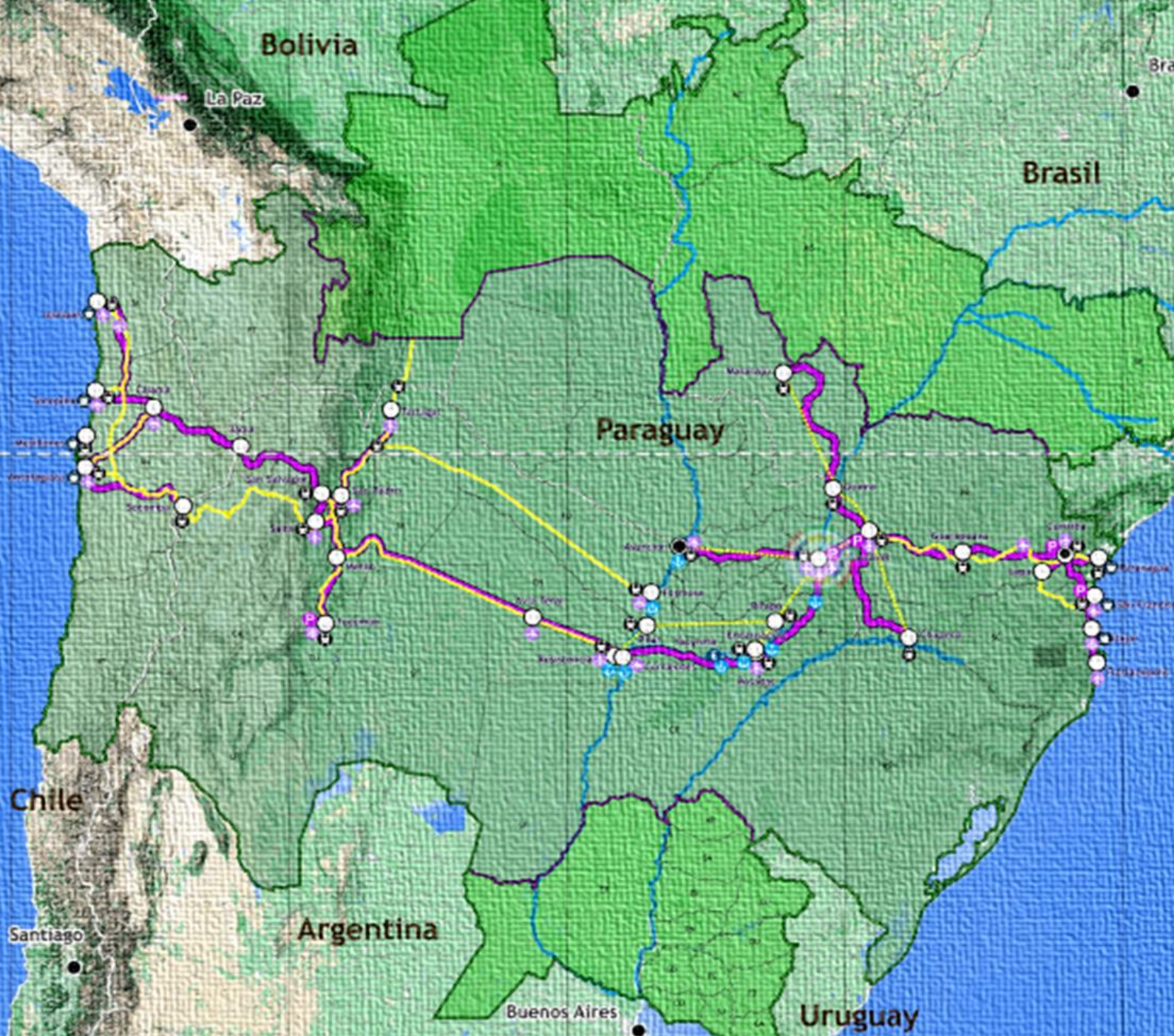




INTEROPÉRABILITÉ ET RÉSILIENCE DES TERRITOIRES TRANSFRONTALIERS LE LONG DES CORRIDORS LOGISTIQUES

ENJEUX ET DÉFIS DE LA TRAVERSÉE BIOCEANIQUE DANS L'AXE CAPRICORNE

Juliette Cerceau, Claudia Enrech-Xena

Etude financée par la Fondation SEFACIL, avec le soutien de la Fondation ARAUCARIA,
Juin 2023

Illustration de couverture : Corredor Bioceânico, Eixo Capricornio, Cosiplan, NAPI
Trinational

TABLE DES MATIERES

GENÈSE ET REMERCIEMENTS	4
INTRODUCTION	5
La Traversée biocéanique, un défi pour la résilience des territoires latinoaméricains	6
La biocéanique comme une histoire passée, présente et à venir	7
Un défi pour la résilience des territoires	9
Interopérabilité, une notion interopérable ?	10
Une notion aux multiples domaines d'application.....	11
Interopérabilité et Logistique	12
Interopérabilité et Résilience	13
MODELES ET CONCEPTS D'INTEROPERABILITE	15
Les grands hubs portuaires, terrains d'exception pour étudier l'interopérabilité	16
Quand l'ingénierie système parle d'interopérabilité.....	19
L'interopérabilité et le bien commun.....	24
ESPACES D'INTEROPERABILITE.....	27
Interopérabilité d'un grand port versus sauvegarde de la biodiversité de zones marines protégées ?	28
Fleuve et chutes d'Iguaçu, frontière ou passage entre l'Argentine et le Brésil ?	31
Interopérer dans les ports secs frontaliers = moins de risques et plus d'agilité .	34
OBJETS D'INTEROPERABILITE	37
Un nouveau pont, levier d'interopérabilité ?	38
Tunnel binational, antre du « serpent de terre » de l'intégration latino-américaine	41
Nova Ferroeste, le plus grand projet ferroviaire du Brésil	44
ACTEURS ET VECTEURS D'INTEROPERABILITE.....	47
Interopérabilité et Crise, une relation durable dans les territoires	48
L'interopérabilité vue par les « bestioles »	51
Ecosystèmes d'innovation, cultiver une interopérabilité à 4 hélices.....	54
CONCLUSION.....	57
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	63

GENÈSE ET REMERCIEMENTS

Le point de départ de cette étude est la participation de IMT Mines Alès à la Chaire Araucaria pour le Développement territorial soutenable, créée par la Fondation Araucaria pour la science et la technologie de l'état du Paraná (Brésil) en juin 2022. Le projet de la traversée biocéanique du continent sud-américain - à la latitude du tropique de Capricorne - consiste en un chemin de fer de 3 500 km de long, qui reliera le port de Paranaguá au Brésil à celui d'Antofagasta au Chili, interconnecté par des hubs multimodaux, aux réseaux de circulation existants (routes, fleuves, aéroports...). La contribution de IMT Mines Alès à la Chaire se concrétise par des apports théoriques et méthodologiques et par de l'ingénierie pédagogique.

En explorant l'idée d'un dispositif qui pourrait amener des acteurs territoriaux à penser les conséquences et les opportunités de la traversée biocéanique, la notion d'interopérabilité a émergé à plusieurs reprises dans les discussions et dans les lectures. Nous avons été surprises du spectre d'usage et de domaines d'application de ce terme. Nous en avons ainsi perçu son potentiel pour réussir à faire dialoguer des acteurs de mondes éloignés.

Nous avons donc entrepris une série d'entretiens structurés par un conducteur dont les 6 étapes (contexte, consigne, expression d'une situation d'interopérabilité, expression sur les solutions, expression de la vulnérabilité et expression sur les bénéfices) ont guidé les échanges sans les contraindre. Nous avons ainsi réalisé 22 entretiens (avec 30 personnes) :

- En France avec : Pierre-Yves Pina ; Pierre Wyniecki ; **Gilles Hubert ; César Ducruet ; Jean-Samuel Wienin ; Jérôme Tixier et Aurélia Bonny ; Vincent Chapurlat ; Frédéric Lardeux ;**
- Au Brésil avec : **Marcio Spinosa, Adriana Brandt ; Roberto Pacheco ; Victor Yugo Kengo, Thales Schanka Trevisan et José Carlos Bom ; Roger da Costa Mendes Ribeiro ; André Luis Goncalvez ;** Weimar Freire da Rocha, Sandra Regina Pinela, Lucir Reinaldo Alves et Pery Francisco Assis Shikida; Dimas Bragagnolo et Edna Rubio.
- En Argentine avec : **Sergio Casertano et Claudio Sacramento ;** Joaquin Barreto.
- Au Paraguay avec : Linda Taiyen ; Patricia Duran ; Dom Pedro Cespedes.
- Au Chili avec : **Sabah Zrari.**

Nous en avons retenu 12 (en gras dans la liste) pour structurer cette note stratégique. Nous remercions sincèrement toutes les personnes qui nous ont donné du temps pour participer à ces échanges. Cette note stratégique doit beaucoup à leur disponibilité, leur accueil, leur agilité à définir cette notion parfois tacite dans leurs approches et leur expérience partagée à travers des exemples de situations d'interopérabilité.

Nous remercions la fondation SEFACIL, et en particulier Yann Alix pour son écoute, son appui, et son enthousiasme à l'égard de nos propositions. Notre gratitude va également à la fondation ARAUCARIA et à Adriana Brandt pour avoir facilité la prise de rendez-vous et nos déplacements et séjours dans l'état du Paraná et dans la région trinationale, en octobre 2022.

INTRODUCTION |

La Traversée biocéanique, un défi pour la résilience des territoires latinoaméricains



Figure 1 – Région de l'axe Capricorne en Amérique Latine

Au cœur de l'Amérique du Sud s'étudient actuellement les conditions de mise en œuvre de l'Axe Capricorne, un corridor logistique bi-océanique de 3 500 km permettant de relier le port de Paranaguá (BR) et le port d'Antofagasta (CL). À l'origine, l'axe du Capricorne comprend 4 pays d'Amérique du Sud directement touchés par ce parallèle - le Brésil, l'Argentine, le Paraguay et le Chili - et influence également la partie sud de la Bolivie. C'est une région qui compte environ 36,3 millions d'habitants, dont 21,5 millions au Brésil, 7 millions au Paraguay, 7,2 millions en Argentine et 645 000 au Chili. L'économie est principalement basée sur l'agro-industrie et l'exploitation minière. En général, elle est éloignée des capitales fédérales. Mais, au centre de l'axe Capricorne, elle traverse ce qui pourrait devenir une future métropole trinationale à la frontière entre le Brésil, l'Argentine et le Paraguay. La mise en œuvre de la traversée bi-océanique et l'implantation d'une plateforme logistique intermodale internationale dans cette région trinationale devraient donc avoir pour conséquence d'améliorer les conditions d'interopérabilité logistique et économique des territoires appartenant à l'axe du Capricorne en Amérique du Sud. L'hypothèse est que, si l'on préfigure les nouvelles conditions d'interopérabilité des territoires dans la logique du développement territorial durable, cette méga-infrastructure transcontinentale pourrait être un moteur de transformation positive pour le territoire et un levier pour la qualité de vie des populations.

La biocéanique comme une histoire passée, présente et à venir

La **route entre les océans Atlantique et Pacifique** était empruntée par les premiers peuples d'Amérique du Sud à l'époque précolombienne. L'une de ces routes, appelée *Peabiru*, était longue d'environ trois mille kilomètres et a influencé la détermination moderne des territoires qu'elle traverse (Colavite et Barros, 2009). Cependant, notre civilisation doit encore relever le défi de relier les personnes et de transporter les marchandises de manière adéquate entre les deux océans. C'est pourquoi il existe **un « réseau » de connexions**, proposées ou en cours, depuis le nord du continent, reliant l'Amazonie brésilienne au Pérou, en passant par le corridor routier entre le Mato Grosso do Sul et le Chili (Barros, 2021) et, également, le corridor ferroviaire proposé de Capricórnio (BNDES, 2011), qui traverse la région trinationale, exactement comme le *Peabiru* il y a plus de 600 ans.

En 2011, l'un des objectifs de l'étude du BNDES¹ sur le corridor ferroviaire bi-océanique était d'évaluer la faisabilité et les principaux obstacles à l'établissement d'un corridor logistique entre les océans Atlantique et Pacifique, tout servant de support au développement de la recherche académique. L'étude désigne **le corridor ferroviaire du Capricorne comme le plus viable et le plus stratégique**, en raison de son potentiel à :

- Devenir un vecteur d'intégration en Amérique du Sud, englobant 5 pays (Argentine - Brésil - Bolivie - Paraguay - Chili)
- Augmenter et développer le réseau ferroviaire du continent, constituant ainsi un vecteur de développement durable (BNDES, 2011).

En outre, **ce corridor traverse l'une des zones les plus productives de l'agro-industrie et de l'exploitation minière en Amérique du Sud**, dont la production est amenée à augmenter de manière continue. Pour beaucoup, il est perçu comme un levier pour éviter les externalités négatives de cette croissance de la production en faisant face aux défis d'un monde en transition vers la durabilité depuis l'adoption de l'Agenda 2030. Les exigences de ce dernier sont concrétisées dans les accords commerciaux internationaux, comme le Macro Accord entre le Mercosur et l'Union européenne, qui contient expressément une clause sur le commerce et le développement durable (Pereira, 2019).

Au centre de l'axe du Capricorne, à 300 km à l'est d'Asunción, et à 700 km à l'ouest du port de Paranaguá, se trouve la **région trinationale entre le Brésil, l'Argentine et le Paraguay**. Future métropole trinationale, avec une population d'environ 1 million de personnes vivant dans six villes de trois pays. Cette région cosmopolite partage et construit, outre la culture et les coutumes, un *modus vivendi* prospère et harmonieux, avec un Conseil de développement trinationnel, CodeTri, proposé et dirigé par le secteur productif, comme embryon d'un modèle de gouvernance transfrontalier. Le

¹ Banque de développement brésilienne

développement économique de cette région trinationale s'appuie sur le *Nexus vert* : alimentation, eau et énergie durable. Dans un rayon d'environ 150km autour de la frontière, la région possède **une agro-industrie puissante**, articulée avec le secteur universitaire et fortement orientée vers l'exportation, qu'il s'agisse de protéines animales au Brésil, de céréales au Paraguay ou de bois en Argentine. On y trouve un **important générateur d'énergie propre et renouvelable** (la centrale hydroélectrique d'Itaipu Binacional) qui répond à environ 88 % de la demande d'électricité du Paraguay et à 10 % de celle du Brésil² et réalise également de nombreux projets de développement territorial durable. La région abrite également le plus grand vestige de **forêt tropicale atlantique** du sud du continent (parcs nationaux d'Iguaçu, AR et BR), ainsi que d'immenses réservoirs d'eau douce : le lac de la centrale électrique d'Itaipu et l'aquifère Guarani. Autre élément notable et moteur de l'économie locale : les **chutes d'Iguaçu** attirent deux millions de touristes par an. La région constitue enfin une plaque tournante d'institutions d'enseignement supérieur entre le Brésil et le Paraguay, composée d'un solide ensemble d'institutions publiques et privées avec environ 15 000 étudiants entre le premier et le troisième cycle. Disposant du port sec le plus actif d'Amérique latine³, cette région trinationale connaît aujourd'hui l'imminence d'un nouveau cycle économique basé sur la logistique, initié par des investissements dans les infrastructures pour le transport autoroutier et aérien et, dans un avenir proche, le transport ferroviaire via la mise en place de la traversée bi-océanique.

La biocéanique, le Pharmakon⁴ de l'Amérique Latine

Menaces pour les territoires	Opportunités de développement
Création de nouvelles frontières écologiques au cœur d'écosystèmes fragiles	Report modal d'une partie du trafic de marchandises de la route au rail, décongestion des voies routières, réduction des émissions de GES
Destruction de zones naturelles protégées et de sites historiques préhispaniques	Développement du commerce agricole et agroalimentaire
Perturbations des équilibres fonciers, économiques, environnementaux des territoires traversés par le corridor logistique	Développement des trafics maritimes et portuaires
Impacts sur les populations autochtones	Développement de l'activité touristique du centre de l'Amérique Latine
	Développement économique des territoires accueillant les hubs logistiques multimodaux
	Attention renforcée sur la protection des espaces naturels protégés
	Développement des échanges entre les populations de l'axe Capricorne

² <https://www.itaipu.gov.br/energia/geracao>

³ <https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/assuntos/noticias/2021/julho/movimentacao-de-cargas-em-foz-do-iguacu-apresenta-resultados-historicos> et <https://g1.globo.com/pr/oeste-sudoeste/noticia/2021/07/18/porto-de-seco-de-foz-do-iguacu-fechaprimeiro-semester-de-2021-com-mayor-movimiento-de-los-ultimos-20-anos.ghtml>

⁴ Le Pharmakon ou Pharmakos est une notion fréquemment utilisée par le philosophe Bernard Stiegler[†]. En Grèce ancienne, elle désigne à la fois le remède, le poison et le bouc émissaire (cf. <https://arsindustrialis.org/pharmakon>)

Un défi pour la résilience des territoires

Le projet de l'Axe Capricorne nous invite à **questionner la vulnérabilité et la capacité de résilience des territoires** qu'il traverse et de ce territoire trinational, en particulier, face à l'arrivée de cette méga-infrastructure logistique. Le concept de résilience est largement utilisé pour décrire le fonctionnement des systèmes écologiques. La résilience écologique désigne la capacité d'un système à absorber des perturbations avant de revenir à l'état initial ou se réorganiser dans un autre état (Holling *et al.*, 1995, Waker *et al.*, 2004).

Pour Carpenter *et al.* (2001), afin d'**appliquer le concept de résilience aux territoires**, il convient d'abord de définir clairement de quelle résilience il s'agit. La résilience est **une notion extrêmement relative** qui dépend en particulier de l'échelle spatio-temporelle dans laquelle elle s'inscrit : tout comme la résilience peut être réalisée à une période donnée au détriment de la résilience d'une période ultérieure, la résilience dans une région donnée peut être atteinte au détriment d'une autre région ou d'une échelle plus globale. En outre, **la résilience appliquée aux territoires doit intégrer leurs dimensions matérielles, organisationnelles et identitaires** ainsi que tout le jeu d'interactions qu'il peut exister entre ces différentes dimensions. La résilience d'un territoire dépend de multiples facteurs mais aussi de la pondération que les acteurs de ce territoire attribuent à ces différents facteurs. La résilience d'un territoire pour lequel le développement économique est une priorité sera très différente de celle d'un territoire pour lequel la santé environnementale est un enjeu crucial ; les chocs qui peuvent venir perturber le système territorial sont de fait très différents dans un cas et dans un autre. Ainsi, lorsqu'on aborde la question de la résilience territoriale, il apparaît nécessaire de se poser les questions suivantes (Carpenter *et al.*, 2001, Juffé, 2013) :

- « La résilience *quand* ? » : quelle échelle temporelle pour la mesure de la résilience ?
- « La résilience *où* ? » : quelle échelle spatiale pour la mesure de la résilience ?
- « La résilience de *quoi/de qui* ? » : de quelle composante du système territorial mesure-t-on la résilience ?
- « La résilience *à quoi* ? » : quelle perturbation est-elle considérée ?
- « La résilience *pour quoi* ? » : quel est l'objectif poursuivi à travers la recherche d'une plus grande résilience du système territorial ?

Dans le cadre de cette note stratégique, nous souhaitons également **questionner la résilience du projet biocéanique** face à l'évolution du contexte latino-américain, notamment aux interfaces transfrontalières : quelle résilience du projet de l'Axe Capricorne face aux changements politiques au sein des Etats qu'il traverse ? Quelle résilience de l'axe biocéanique face aux changements des règles douanières aux frontières ? Quelle résilience de la voie de chemin de fer face aux évolutions technologiques et économique en matière de transport ?

Interopérabilité, une notion interopérable ?



Figure 2 - Répartition des publications sur l'interopérabilité par champs de recherche (source: Web of Science mai 2023)

En 2023, l'état de l'art de la littérature scientifique internationale sur le sujet de l'interopérabilité témoigne d'une prédominance des travaux en matière d'informatique, d'ingénierie système et de télécommunication. L'interopérabilité est avant tout un enjeu critique pour mettre en capacité les systèmes d'information à rendre compatibles leurs interfaces et normes de fonctionnement. Le nombre des publications scientifiques sur le sujet a considérablement augmenté à partir des années 2010. Les articles les plus cités portent, par exemple, sur une suite intégrée de codes informatiques, indépendants et interopérables, dans une logique de source ouverte encourageant les chercheurs à coconstruire des codes existants (Giannozzi *et al.*, 2009), ou encore sur une bibliothèque de programmation de vecteurs, de matrices et de tableaux jouant un rôle de couche d'interopérabilité flexible pour soutenir l'analyse scientifique et industrielle (Harris *et al.*, 2020).

Une notion aux multiples domaines d'application

La définition de l'interopérabilité est difficile à saisir et à circonscrire car **elle dépend fondamentalement de son domaine d'application**. Chapurlat et Daclin (2017) proposent un rapide **panorama des multiples acceptions** que peut prendre l'interopérabilité : pour les entreprises, l'interopérabilité passe par un **accord de coopération** entre deux entités permettant l'articulation des activités de l'une sans dégrader les performances de l'autre. Dans le domaine militaire, l'OTAN définit l'interopérabilité comme **l'aptitude des unités d'intervention à s'échanger des services** pour garantir un fonctionnement mutuel optimisé. Dans les systèmes de transport, l'interopérabilité garantit le **fonctionnement du réseau** sans rupture de charge.

De manière générale, l'interopérabilité s'inscrit dans le champ de **la systémique** : elle apparaît comme une **propriété essentielle des systèmes complexes** à assurer la connexion et la communication entre leurs sous-systèmes, d'une part, et avec leur environnement, d'autre part, **afin d'en garantir leurs développements et leurs fonctionnements optimaux**. Concrètement, les **moyens de mise en œuvre** de l'interopérabilité prennent des formes multiples en fonction des systèmes considérés et des objectifs visés : l'interopérabilité peut se faire **technique** s'il s'agit de construire l'interface entre deux systèmes industriels ; elle peut se faire **organisationnelle** s'il s'agit de renforcer les liens entre des services d'une collectivité ; elle peut se faire **économique** s'il s'agit de rendre interopérable des systèmes monétaires transfrontaliers ; et ainsi de suite.

L'objectif n'est pas ici de faire l'inventaire exhaustif de toutes les définitions et formes de l'interopérabilité mais bien d'**interroger sa pertinence pour penser la résilience des territoires transfrontaliers le long des corridors logistiques**. Aussi, en introduction de cette note stratégique, nous proposons un double regard sur l'interopérabilité : un regard thématique sur l'application de son concept dans le domaine de la logistique en particulier et un questionnement théorique sur les liens entre interopérabilité et résilience.

Interopérabilité et Logistique

Pour le secteur de la logistique, le début du 21^{ème} siècle est marqué par **deux dynamiques structurantes majeures** : d'un côté, **l'intensification toujours croissante du commerce international** et de la circulation des ressources et des biens contribuant à une économie de marché influencée par les processus de mondialisation ; de l'autre, **la recherche d'une logistique plus respectueuse de l'environnement**, décongestionnée et sécurisée pour répondre aux enjeux de l'atténuation du changement climatique et de la sécurisation des approvisionnements dans des contextes géopolitiques mouvants (Alix *et al.*, 2021). D'où l'émergence de concepts tels que la comodalité, les autoroutes de la mer, les voies commerciales sécurisées ou encore les corridors verts (Hadjul et Cudzilo, 2011).

Dans ce contexte, **l'interopérabilité des systèmes logistiques** se joue au niveau de la **planification stratégique des Etats**. Ainsi, au Brésil par exemple, le Plan National de Logistique Intégrée vise à favoriser la compatibilité des projets d'investissements dans les ports, les autoroutes, les chemins de fer et les voies navigables, à horizon 2030, pour intégrer ses systèmes modaux et maintenir la compétitivité nationale (Moura et Botter, 2016). Il s'inspire du **concept de « corridors verts »** introduits par l'Union Européenne pour développer des systèmes logistiques intégrés et efficaces sur le plan environnemental, garantissant l'imbrication entre trafics national et international. Toutefois, **les défis d'interopérabilité s'exacerbent aux frontières** : si le transport ferroviaire est amené à jouer un rôle croissant dans le contexte de mondialisation (Sinkevicius et Dailydka, 2015), la question de la compatibilité des voies nationales de chemin de fer mais également des systèmes douaniers devrait se généraliser en vue de pallier les ruptures de charge aux frontières. Le **développement de terminaux logistiques internationaux** pose aujourd'hui la question de l'interopérabilité entre des espaces transfrontaliers, des réseaux multinationaux et des nœuds multimodaux (rail, route, voie d'eau, voie aérienne) (Ibert et Halter, 2016).

Parmi les leviers pour répondre à ces enjeux, le **développement de systèmes d'information** est en passe de se généraliser. Ainsi, par exemple, une architecture de services d'information a été développée en support à la mise en place du corridor logistique multimodal international Pol Corridor qui s'étend des pays nordiques à l'Europe centrale, méridionale et sud-orientale (Levjakangas *et al.*, 2007). Différents secteurs d'activités s'emparent également de ces technologies de l'information comme **moyen d'améliorer le processus d'intégration des chaînes d'approvisionnement** : c'est le cas, par exemple, dans le domaine de la construction (Irizarry *et al.*, 2013) ou dans le domaine d'agriculture (Zhai *et al.*, 2020). Se pose alors la question de l'interopérabilité de ces différents systèmes d'information entre eux (Helo et Szekely, 2005).

Interopérabilité et Résilience

Pour autant, **qui dit système optimisé, ne dit pas forcément système résilient**. Dans un souci de performance toujours accrue, l'optimisation peut au contraire conduire à la rupture des systèmes. Par ailleurs, une interopérabilité informationnelle très forte au niveau des systèmes informatiques d'une organisation peut aussi accroître le risque d'une exposition et donc la vulnérabilité à des virus informatiques. Ainsi, **l'interopérabilité facilite la résilience d'un système mais peut aussi précipiter son effondrement**.

C'est précisément au niveau des interfaces entre systèmes et sous-systèmes que se jouent la vulnérabilité et donc la résilience de ceux-ci. Des systèmes interopérables développent nécessairement des **relations d'interdépendance** qui facilitent la propagation d'événements entre eux (par effet domino ou effet de cascade). Comme le rappelle Touili (2002), Rinaldi *et al.* (2001) ont proposé une typologie de ces interdépendances en distinguant des **interdépendances physiques** (ie. un réseau Internet nécessite de l'énergie électrique pour fonctionner), **cybernétiques** (ie. un réseau électrique dépend de données de système d'information intégré), **géographiques** (ie. des câbles électriques, numériques coexistent dans des conduits souterrains avec des canalisations d'eau) et **logiques** (ie. des interactions organisationnelles et hiérarchiques). Cette typologie a pu être complétée par la suite par les travaux de Zimmerman (2004) qui distingue plutôt des interdépendances **fonctionnelles** et **spatiales** ou encore ceux de Dudenhofer *et al.* (2006) qui parlent également d'interdépendances **procédurales** (ie. arrêt d'une activité industrielle pour cause de réglementation environnementale) et **sociétales** (ie. impact d'un événement sportif sur la circulation des transports).

L'interopérabilité passe donc par la prise de conscience et l'acceptation de l'existence d'une **communauté de vulnérabilité**. Pour autant, les systèmes mettent en place **des barrières**, c'est-à-dire des éléments qui vont contribuer à éliminer un risque, à en diminuer la probabilité d'occurrence et/ou à en diminuer l'impact. Ces barrières peuvent être **techniques** (ie. un générateur permettant de s'affranchir des problèmes de réseaux électriques) ou **organisationnelles** (ie. procédures de crise). A l'instar des systèmes écologiques, ces barrières misent en particulier sur la **redondance** afin de pallier les défaillances au niveau du système de systèmes. La redondance, permettant la **continuité du fonctionnement** des systèmes, même en cas de crise, est un facteur important de la résilience (Lhomme *et al.*, 2013).

La boucle est bouclée : l'interopérabilité suppose une communauté de vulnérabilités par le développement d'interdépendances entre les systèmes mais devient un **levier de résilience** par le fait même de la prise de conscience et de la **maîtrise de la criticité** des systèmes et de leurs interdépendances.

Cette note stratégique a pour objectif d'**identifier les défis à relever en termes d'interopérabilité pour penser et mettre en œuvre la résilience des territoires transfrontaliers le long des corridors logistiques**. Nous prenons le parti d'aborder l'interopérabilité dans sa grande diversité : à l'échelle des corridors logistiques et des territoires qu'ils traversent, l'interopérabilité pose **des défis techniques** (quelles solutions techniques pour limiter les ruptures de charge ?), **informationnels** (quelles gestions des données pour accompagner un pilotage multi-acteurs ?), **organisationnels** (quels rôles et quels processus entre les différentes parties prenantes ?) et **institutionnels** (quelles formes de gouvernance pour garantir la résilience du système logistique face aux changements politiques et géopolitiques ?). Elle pose des **défis multi-échelle** (quelles articulations entre les échelles du process au territoire ?), **multi-domaine** (quelles interactions entre les filières et entre les compétences ?) et **multi-acteurs** (quelles mises en cohérence des prises de décision ?)

Aussi, il nous semble indispensable d'**envisager l'interopérabilité sous différents angles, depuis différents points de vue**, qui gagneront à ne pas s'ignorer les uns les autres, car ils représentent, à eux tous, la grande diversité et complexité des relations d'interdépendances à l'échelle des territoires (humain, économique, technique, logistique, politique, ...). Dans le contexte de l'arrivée de la voie biocéanique en Amérique Latine, nous sommes donc parties **à la rencontre des acteurs de territoire** (chercheurs, acteurs institutionnels, gestionnaires de port, etc.) pour collecter la façon dont ils comprennent (éléments de réflexion) et mettent en œuvre (pistes pour l'action) ce concept d'interopérabilité. A l'issue de ces rencontres menées en 2022, nous avons choisi de marquer ces différentes visions et pratiques de l'interopérabilité de 4 pierres angulaires :

- Les **Modèles et Concepts de l'Interopérabilité** : l'interopérabilité a de multiples champs d'application. Nous présentons ici des applications dans la logistique portuaire, l'ingénierie système et la théorie des connaissances.
- Les **Espaces d'Interopérabilité** : l'interopérabilité n'est pas qu'un concept, elle se traduit dans la façon dont elle structure les espaces géographiques, notamment à la frontière entre des pays mais aussi entre des usages.
- Les **Objets d'Interopérabilité** : les ponts, les tunnels, la voie ferrée, sont autant d'incarnations matérielles et techniques de l'interopérabilité qui entraînent des questionnements sociétaux et géopolitiques.
- Les **Acteurs d'Interopérabilité** : l'interopérabilité, c'est aussi des acteurs investis et engagés qui œuvrent pour la mise en interaction entre des personnes qui n'ont pas l'habitude de travailler ensemble.

Nous vous proposons donc de parcourir ces différentes visions de l'interopérabilité et de la résilience des corridors logistiques en choisissant votre propre itinéraire :

- De la théorie aux acteurs de l'interopérabilité (Modèles > Espace > Objets > Acteurs)
- Des acteurs aux questionnements théoriques (Acteurs > Objets > Espaces > Modèles)
- Des objets de l'interopérabilité à l'organisation humaine (Objets > Espaces > Modèles > Acteurs)
- Des espaces de l'interopérabilité aux enjeux infrastructurels (Espaces > Acteurs > Modèles > Objets)
- Ou tout autre cheminement qui vous conviendra le mieux.

MODELES ET CONCEPTS D'INTEROPERABILITE

Les grands hubs portuaires, terrains d'exception pour étudier l'interopérabilité

Entretien avec César Ducruet

César est géographe et directeur de recherche au Centre national de la recherche scientifique (CNRS) au laboratoire de recherche EconomiX. Ses recherches portent sur l'analyse spatiale des réseaux et le développement urbain et régional, à travers le miroir des ports et des réseaux de transport maritime, avec un accent particulier sur l'Europe et l'Asie.



Source : Le Journal du Vrac

Le Havre, grand port, petite ville

Créé en 1517, la construction du port du Havre est à l'origine de la fondation de la ville. Le Havre est ainsi l'archétype d'une ville qui a émergé autour d'une infrastructure, à l'intersection entre différents systèmes, entre différents réseaux. C'est un espace intermédiaire entre la mer et la terre, entre le transport maritime, le transport fluvial et le transport terrestre. Ce qui se joue à cette interface, c'est la gestion d'une interopérabilité logistique et organisationnelle pour gérer au mieux la rupture de charge entre ces modes de transport, par la mise en œuvre d'aménagements physiques et de services entraînant le développement d'activités économiques créatrices de valeur. Si le Havre est un grand port, qui figure en 2020, dans le top 10 des ports européens, cela reste une petite ville. Du fait de la proximité de Paris, le Havre reste un espace intermédiaire entre de grandes mégalo-poles dont le développement est contraint par le tropisme parisien.

Gare au mirage des richesses apportées par les grands hubs logistiques

L'histoire montre que l'émergence des villes se fait aux points d'intersection entre différents systèmes et différents réseaux (terre / mer / fleuve). Tout simplement parce qu'à l'endroit de la rupture de charge entre deux modes de transport, il y a création de valeur ajoutée. Mais attention : les méga infrastructures logistiques apportent de la richesse principalement aux grands centres de production et de consommation (métropoles) qui se trouvent dans les environs, en laissant parfois peu de bénéfices aux villes-ports, qui restent dès lors des lieux de passage.

Les interfaces terre/mer, espaces d'innovation pour mitiger les impacts environnementaux

A l'interface entre la terre et la mer, les ports sont les espaces où les navires polluent le plus, certes, mais où il est possible de contraindre les armateurs. De nombreux ports dans le monde font des efforts considérables pour réduire leurs impacts environnementaux⁵ et limiter leur empreinte carbone. En l'absence de grandes politiques internationales, des solutions se multiplient pour faire des ports des zones à émissions limitées à toutes les étapes de la gestion des trafics maritimes (freinage des navires, raccordement à quai, traversée des hinterlands, etc.)

Les études sur l'interopérabilité des hubs maritimes encore peu connues (et peu considérées) dans la prise de décision

L'étude des flux de transports et l'analyse des réseaux interconnectés est relativement récente dans le monde scientifique. La disponibilité actuelle de bases de données ainsi que les capacités de calcul et de modélisation, ont contribué à un renouveau de ces approches. Les chercheurs sont désormais capables de modéliser des hiérarchies entre les réseaux et des nœuds d'échange dans un port, d'étudier et de représenter les couches des réseaux d'échange. A partir de là, on peut étudier les vulnérabilités et les robustesses d'un port en fonction du nombre de couches de réseaux interfacées, ou de la taille des nœuds appartenant à plusieurs systèmes qui s'interopèrent. On sait produire des scénarios d'évolution à partir de risques connus dans un territoire portuaire. Des modèles de territoires homogènes avec une distribution et une circulation des flux décentralisées émergent de ces travaux. Mais ces approches sont peu connues et peu suivies par les acteurs décisionnaires. La logique de concentration des flux, au cœur des théories du capitalisme, s'impose encore partout, avec les promesses d'économies d'échelle, de temps et d'argent, mais aussi avec ses néfastes effets environnementaux et sociétaux (emplois et qualité de vie).

⁵ Les conséquences écologiques des grands hubs portuaires sont bien connues et documentées : pollutions des eaux, de l'air, des sols, des environnements sonores des villes-ports et des fonds marins ; invasions marines ; diffusion de maladies, etc. Les risques liés à la montée des eaux sont également étudiés. En Europe, les plus grands ports, comme ceux du range Nord, sont malgré ceci les plus en avance au niveau de la décarbonisation.

L'influence de la fiscalité locale sur l'interopérabilité et la concurrence

Dans le cadre de mes travaux de recherche, il est difficile de penser l'interopérabilité en s'affranchissant des enjeux de spatialisation. L'interopérabilité se concrétise dans des lieux, des espaces physiques. Et la grande question est de savoir si cette interopérabilité incarnée dans des villes permet de capter de la richesse localement. On observe que, dans les faits, ce n'est pas toujours le cas. Au-delà du tropisme économique que peuvent exercer des métropoles détournant la valeur ajoutée des villes-ports, un autre phénomène d'ampleur est l'inégalité des systèmes fiscaux, entraînant parfois un détournement massif des flux de marchandises. C'est le cas de la concentration du trafic sur l'axe Paris-Anvers au détriment du Havre, faisant d'Anvers la plus grande concentration logistique d'Europe. Dans ce triangle Le Havre-Paris-Anvers, on a finalement deux modèles d'interopérabilité qui rentrent en concurrence : d'un côté, l'axe Haropa qui a misé sur l'optimisation d'une interopérabilité organisationnelle en regroupant les principaux ports de l'axe Seine au sein d'une même gouvernance ; de l'autre, le projet de canal Seine Nord Europe qui favorise l'interopérabilité fluviale, terrestre et économique au profit du détournement des flux vers la Belgique et les Pays-Bas.

« L'interopérabilité peut se concrétiser dans des lieux en situation intermédiaire entre différents systèmes. Cette interface peut créer de la valeur ajoutée localement ou rester lieu de passage. »

Centralisation *versus* décentralisation, la question de la répartition des interfaces sur les territoires

L'approche spatiale de l'interopérabilité permet également de poser la question de la répartition des interfaces sur les territoires. On est aujourd'hui clairement dans un modèle d'aménagement du territoire qui privilégie la concentration des échanges de flux sur des plaques industrialo-portuaires, au profit des économies d'échelles. Avec pour conséquence, une concentration des retombées positives et négatives sur certains territoires ainsi qu'une grande vulnérabilité du réseau logistique en cas de défaillance d'une de ces interfaces centralisées. Une approche alternative pourrait consister à homogénéiser les espaces d'interopérabilité à l'échelle d'un territoire national pour une meilleure répartition des retombées positives comme négatives. C'était l'ambition des programmes Marco Polo, mise en place par la Communauté Européenne entre 2003 et 2008, pour redistribuer le volume de marchandises transportées sur les modes de transport et les interfaces sous-exploités.

Quand l'ingénierie système parle d'interopérabilité...

Entretien avec Vincent Chapurlat

Vincent est Professeur à IMT Mines Alès. Il est responsable de l'équipe ISOAR (Ingénierie de Systèmes et d'Organisations pour les Activités à Risques) et directeur adjoint du Laboratoire des Sciences des Risques (LSR). Il a soutenu son doctorat sur la spécification et la vérification de systèmes de contrôle commande en 1994 puis son Habilitation à Diriger des Recherches en 2007. Ses recherches visent au développement de méthodes outillées pour supporter les activités de modélisation, de vérification et de validation au plus tôt et de modélisation puis de preuve et d'évaluation de propriétés non-fonctionnelles de systèmes complexes et de systèmes de systèmes. Les domaines d'application ont été tour à tour le contrôle commande de procédés industriels, la modélisation d'entreprise puis l'Ingénierie de Systèmes (IS) basée modèle (MBSE et MBSOSE) appliquées aux domaines nucléaire, aéronautique, démantèlement et dépollution, et, plus globalement, à différents types d'Infrastructures Critiques.



Source : Formax info

Interopérabilité ratée : le cas de Mars Climate Orbiter

En 1999, la sonde Mars Climate Orbiter arrive à proximité de la planète Mars pour entamer sa mise en orbite et devenir ainsi le tout premier satellite météorologique interplanétaire de la NASA. Or le 23 septembre, le contact est perdu avec la sonde. L'enquête sur la disparition de la sonde a révélé qu'elle s'était trop approchée de l'atmosphère dense de la planète. A l'origine de cette trajectoire erronée, une erreur de conversion : une partie des ingénieurs travaillaient sur des mesures en langage international (en km) alors que d'autres faisaient leur calcul en langage anglo-saxon (en miles). C'est l'exemple canonique d'une erreur d'interopérabilité communicationnelle entre des équipes.

L'étude et la recherche de maîtrise de l'interopérabilité d'un système complexe permet d'éviter des problèmes

Un système tel que Climate Orbiter est défini comme « *un ensemble d'éléments de nature hétérogène (humaine, matérielle, logicielle ou organisationnelle) qui sont en constante interaction mutuelle et organisés en fonction d'un but [De Rosnay, 1975] pour une finalité donnée [Le Moigne 1989]* ». Selon le comportement de ces éléments, selon leurs interactions, selon leur nombre, selon l'environnement dans lequel ils évoluent, ... le système est alors caractérisé par sa complexité. Son comportement devient en effet difficilement compréhensible et ne peut être représenté que de manière approchée. De même, ses propriétés non fonctionnelles (ex. son niveau de sûreté de fonctionnement, son interopérabilité avec d'autres systèmes, ses performances, ...) ne peuvent être déduites ou évaluées sur la base des seules propriétés de ses éléments constitutifs : « *le tout forme plus que la seule somme de ses parties* ». Ces propriétés peuvent en effet émerger des interactions elles-mêmes, par exemple en présence de facteurs humains dont les comportements sont évidemment difficiles -ou impossibles- à prédire et à anticiper (ex. ordres peut-être contradictoires venant du centre de contrôle sol). C'est ce qui a provoqué le crash de la sonde sur Mars. Des équipes d'ingénieurs ont interagit pour concevoir puis réaliser puis, enfin, piloter la sonde jusqu'à Mars. Ils ne pouvaient cependant pas interagir correctement car ils n'étaient eux-mêmes pas aptes à communiquer et partager donc à travailler ensemble, c'est-à-dire à interopérer. L'interopérabilité est donc une propriété non-fonctionnelle qui est essentielle, comme le sont la performance, la sûreté ou encore la sécurité qui ne doivent en aucun cas être négligées.

Il est donc crucial d'étudier les capacités, le comportement et les propriétés de ces éléments, encore appelés ici des sous-systèmes, ainsi que le comportement global et les propriétés propres du système.

Si nous nous focalisons sur l'interopérabilité, il paraît déjà pertinent de penser que les sous-systèmes qui composent un système complexe devraient être nativement interopérables entre eux et avec leur environnement sous peine de faire courir des risques inutiles au système dans son entier avec des conséquences quelquefois difficilement évaluables. Il faut donc ici s'assurer qu'ils demeurent capables de fonctionner en toutes circonstances, en restant constamment aptes à échanger ou partager sans ambiguïtés des données, des matières ou de l'énergie lorsqu'ils sont mis en interaction avec les autres, de manière harmonieuse et sans entraîner l'apparition de phénomènes émergents imprévus et, par définition, souvent mal maîtrisés.

La maturité en interopérabilité permet d'évaluer la vulnérabilité et la résilience d'un système complexe

De manière simplifiée, un modèle de maturité vise justement à :

- Évaluer quelle est la capacité réelle d'un système quel qu'il soit (technique ou organisationnel par exemple) à faire quelque chose ou à posséder certaines propriétés fonctionnelles ;
- Proposer ensuite des solutions permettant d'améliorer ces capacités ou ces propriétés.

Un modèle de maturité de l'interopérabilité permet donc d'évaluer la capacité d'un système (pouvant alors être considéré comme un sous-système d'un système plus vaste) à interopérer harmonieusement, avec des risques minimisés ou sans conséquences notables. Un tel modèle se construit à l'aide de questionnaires, diffusés à des interfaces stratégiques (organisation, process, compétences, etc.), qui s'appuient sur la connaissance et sur l'expérience des opérateurs du système. Les questions peuvent par exemple évoquer : Comment le système a-t-il réagi à un choc ? Quels ont été ses principaux problèmes et atouts ? Quelles nouvelles propriétés et/ou quels nouveaux comportements ont émergé au cours du temps et en ont dégradé le fonctionnement ? Une fois les principales réponses identifiées grâce aux retours des opérateurs, l'évaluation et donc le positionnement du système visé devient possible. Il est cependant important de souligner les liens inhérents entre le niveau courant de maturité en termes d'interopérabilité et les niveaux de vulnérabilité et de résilience du/des système(s).

La boîte à outils de l'ingénieur système

L'ingénierie système est une approche méthodologique interdisciplinaire qui vise à concevoir et développer un système complexe répondant à la totalité des besoins de différentes parties prenantes. Cette approche :

- Repose sur des principes systémiques forts ;
- Propose des processus collaboratif et itératifs pour guider les ingénieurs et architectes à procéder avec rigueur et de manière raisonnée ;
- Met l'accent sur le rôle et l'importance de la modélisation tout au long de ces processus pour faciliter le partage d'information et l'économie d'erreurs ou d'ambiguïtés. Elle promet donc la construction et l'usage de différents types et natures de modèles de ce système complexe, par exemple, pour en comprendre le fonctionnement, en évaluer les propriétés et en simuler différentes trajectoires d'évolution.

Il s'agit ici d'accompagner donc des acteurs en charge d'étudier et d'améliorer l'interopérabilité sans pour autant dégrader d'autres propriétés non-fonctionnelles de systèmes assez particuliers puisqu'il s'agit d'Infrastructures critiques tels qu'un système de transport ferroviaire traversant plusieurs pays ayant chacun leurs exigences, et plus largement, de systèmes sociotechniques complexes. Il s'agira donc de modéliser en particulier les éléments qui composent ces systèmes, les interactions qu'ils doivent entretenir afin de remplir leurs rôles et atteindre leurs objectifs propres, les comportements souhaités face à divers types d'événements et l'écosystème que forment alors les propriétés attendues du système en mettant en évidence leurs relations d'interdépendances. Nous travaillons par exemple sur des Infrastructures Critiques de type Nucléaire, de leur conception jusqu'à leur démantèlement. Pour ces systèmes, nous nous intéressons en particulier à de multiples propriétés non-fonctionnelles telles que la sûreté, la sécurité, la performance, la disponibilité, la fiabilité, la flexibilité, la maintenabilité et, bien entendu, l'interopérabilité.

En ingénierie système, l'interopérabilité est en effet une propriété non-fonctionnelle importante qui doit être garantie à tout moment et surtout en présence de divers événements redoutés et de situations à risques.

**« Plus on optimise
l'interopérabilité d'un
système, plus il va
fonctionner et se développer
harmonieusement avec son
environnement. »**

Le territoire est un système de systèmes

S'il fallait appliquer l'ingénierie système à la modélisation d'un territoire, on pourrait peut-être envisager de penser le territoire comme un système de systèmes. Un système de systèmes est un système composé d'autres systèmes existants et déjà en opération qui sont alors sélectionnés en fonction de leurs capacités et aptitudes, puis rassemblés pour interagir ensemble et remplir une mission commune qu'ils ne pourraient remplir pris isolément, la mission du système de systèmes. Chacun de ces systèmes possède plusieurs caractéristiques (autonomie, indépendance, répartition géographique, etc.) et ils ne sont appelés à remplir cette mission commune que durant un espace de temps généralement borné, avant que le système de systèmes ne se dissolve alors sans altérer les capacités et aptitudes de chacun de ces systèmes qui reprennent alors leur mission originelle. Un exemple : le sauvetage en mer. Tous les équipages présents à une certaine distance d'un navire en détresse ont pour obligation d'intervenir. Chaque équipage fonctionne de manière indépendante mais accepte alors de participer à une opération commune, une mission, de sauvetage. Une fois le navire en détresse et son équipage mis hors danger, chacun reprend alors sa route. Ainsi, dans une certaine mesure, faire territoire, autour d'un projet de développement, ou en réaction à une perturbation venue de l'extérieur, c'est faire advenir un système de systèmes : le système urbain, le système agricole, le système énergétique, etc. vont jouer les rôles des composantes d'un système de systèmes, de manière plus ou moins durable pour assumer une mission donnée. Cette mission se caractérise ici par une maximisation et une garantie dans le temps de la résilience du territoire.

L'interopérabilité et le bien commun

Entretien avec Roberto Pacheco

Roberto est Ingénieur civil de l'Université Fédérale de Rio Grande do Sul (BR), docteur en ingénierie de la production (Université Fédérale de Santa Catarina - UFSC) et professeur du département d'ingénierie de la connaissance (EGC - EFSC). Il est fondateur et chercheur à l'Institut Stela (www.stela.org.br). Il est membre de nombreux comités techniques et scientifiques (notamment CAPES, FAPESC, FAPEMIG, IEL, SBGC). Ses recherches portent sur le gouvernement électronique, la gestion de l'information stratégique et de l'ingénierie et de la gestion des connaissances. Il a coordonné plusieurs projets dans ces domaines, notamment la plateforme Lattes (CNPq), le réseau ScienTI (internationalisation de la plateforme Lattes), le portail de l'innovation (CGEE/MCTI) ; le Portail SINAES (INEP/MEC), la Plate-forme Aquarius (CGEE/MCTI), le Portail de compétences en surveillance sanitaire (DC-VISA - Anvisa), le Portail de compétences en éducation à l'environnement (DC-SIBEA - MMA) et le Système d'indicateurs pour les FAP (SIFAPS - CONFAP) et l'Université d'entreprise publique et en réseau (MAPA/ENAGRO). Sa production académique compte plus de 200 publications sous forme d'articles, de livres, de chapitres et de communications dans des événements, en plus d'activités de conseil logiciel et technique et de collaboration technico-scientifique.



Source : Platform Lattes

Plateforme Lattes

Depuis sa création en 1999, la plateforme Lattes réunit les bases de données des programmes d'études, des groupes de recherche et des institutions du Brésil dans un unique système d'information intégré et interopéré. Sa dimension actuelle s'étend non seulement à la planification, à la gestion et à l'opérationnalisation du financement du Conseil national pour le développement scientifique et technologique (CNPq), mais aussi à d'autres organismes de financement fédéraux et étatiques, aux fondations de soutien à la science et à la technologie, aux établissements d'enseignement supérieur et aux instituts de recherche. Le curriculum Lattes est devenu une norme nationale pour l'enregistrement de la vie passée et présente des étudiants et des chercheurs dans tout le pays.

Bien différencier intégration et interopérabilité pour réussir des négociations

Lorsqu'on souhaite interfacer les données entre deux systèmes différents, il faut avoir clairement à l'esprit ce que l'on veut obtenir des négociations entre les parties. S'il s'agit d'une intégration de données, il n'est parfois pas nécessaire de beaucoup négocier, car l'intégration peut se traduire par une simple substitution des données d'un système à l'autre. Dans ce cas, le versement des données peut se faire à l'aide « d'extracteurs », de manière asynchrone et régulière, et sur certains processus seulement, sans mettre en relation les deux bases. Mais on peut aussi négocier une intégration totale visant des systèmes harmoniquement intégrés, - ce qui signifie qu'on laisse l'autre entrer dans ses données, même quand on ne regarde pas - il faut alors s'appuyer sur des solides accords de gouvernance. Dans ce sens, l'intégration revient à un mariage, qui est plus complexe qu'une interopérabilité ! L'interopérabilité des données, elle, est quelque part au milieu de ces deux points.

Quand on interopère, les opérations des deux systèmes sont menées au même moment. Pourquoi fait-on cela ? En général pour le bénéfice d'un tiers. Au lieu de faire la chose deux fois, on profite que quelqu'un l'ait déjà fait. Dans le cas de la plateforme Lattes, c'était le chercheur qui n'avait pas envie de saisir ses données sur de multiples plateformes. Dans un premier temps, nous avons donc différencié ce que nous allions devoir intégrer de fait, ce qui pouvait être négocié, voire interopéré, et là où n'y aurait probablement même pas de négociation.

Interfacer, intégrer et interopérer pour créer des biens publics résilients

Certaines plateformes digitales sont devenues un « digital commun » (comme Wikipédia). Cela advient lorsqu'on peut constater que leur impact dépasse le modèle d'opérations et des services prévu au départ, parce qu'elles créent des services en continu pour de multiples acteurs de la société. La plateforme Lattes est devenue au fil du temps un bien public, avec les caractéristiques suggérées par la théorie des communs : la résolution de conflits, l'explicitation des règles, la définition de différents profils, l'explication claire de ce que chaque sous-système de la plateforme fait, etc. Plus de 7 millions de personnes l'utilisent, car pour exister en sciences, technologie, innovation (CTI) au Brésil, il faut avoir un CV Lattes.

Ces grandes plateformes interopérées sont résilientes. Elles affrontent quotidiennement des attaques et des pannes. Mais il faut définir la résilience de manière multidimensionnelle, en incluant la résilience politique et institutionnelle. Deux chocs récents ont mis la plateforme Lattes durement à l'épreuve. Une panne grave d'un serveur du CNPq, entraînant l'arrêt de la plateforme, ce qui a généré une commission parlementaire d'enquête. Et l'affaire du faux doctorat de la présidente Dilma Rousseff. Dans les deux cas, Lattes a non seulement retrouvé son fonctionnement normal rapidement, mais aussi reçu le soutien de nombreux acteurs institutionnels et des usagers.

Démocratie et interopérabilité

Avec 20 ans de recul sur l'évolution des grandes plateformes intégrées et interopérées privées et publiques, je formule la réflexion suivante : la mise en place d'accords de gouvernance sont critiques pour la réussite de ces projets, et pas uniquement du point de vue technique. Dans le secteur institutionnel, si les responsables en place ont un sens aigu du service public, il est possible d'aboutir rapidement à des accords, car ils savent qu'ils valoriseront leur travail avec la satisfaction des citoyens, avec la répercussion sociale. Dans le cas contraire, ils ne vont pas innover, car ils ne vont pas prendre des risques politiques. La vitesse et la qualité de l'intégration et de l'interopérabilité sur les plateformes publiques dépend donc de l'engagement pour l'intérêt général du gestionnaire. On peut presque comparer la maturité des démocraties avec cet indicateur. Dans un pays réellement démocratique, la différence entre Etat et gouvernement est totale. Mais quand la démocratie est fragile, l'exercice du pouvoir peut ne pas s'encombrer de réflexions éthiques, et les effets peuvent être inverses : on va se servir des plateformes pour montrer ou asseoir son pouvoir !

« C'est pourquoi j'évoque la maturité des démocraties. Si on parle de travaux d'Etat et du bien commun pour les sociétés et non de travaux du gouvernement pour le peuple, l'usage de telles plateformes va devenir vertueux. Et pour cela, il faut que dès leur conception, ces plateformes aient un modèle clair et responsable. »

Ingénierie de la connaissance vs. Intelligence artificielle

L'ingénierie de la connaissance n'embarque pas forcément de système d'intelligence artificielle, elle est un système de connaissance. Il peut y avoir par exemple un système basé sur des décisions et de l'information, qui est un agent de la connaissance. Celui-ci interagit avec l'être humain et, ce qu'ils font ensemble, génère de la valeur. Mais il n'y a pas d'intelligence artificielle embarquée.

Comprendre le système d'acteurs, identifier quel système doit être conçu : pourquoi, quand et comment, ça, c'est de l'ingénierie. Faire des outils et voir s'ils fonctionnent, ce n'est pas de l'ingénierie. La bagarre que nous avons avec l'intelligence artificielle est qu'elle fonctionne sur des boucles de test/erreur. Il ne s'agit pas d'installer des capteurs partout pour avoir un maximum de données. Il s'agit de bien s'interroger : quelle connaissance pourrions-nous tirer de tout cela ? Dans cette logique, c'est à l'ingénieur de la connaissance que revient la définition du projet.

ESPACES D'INTEROPERABILITE

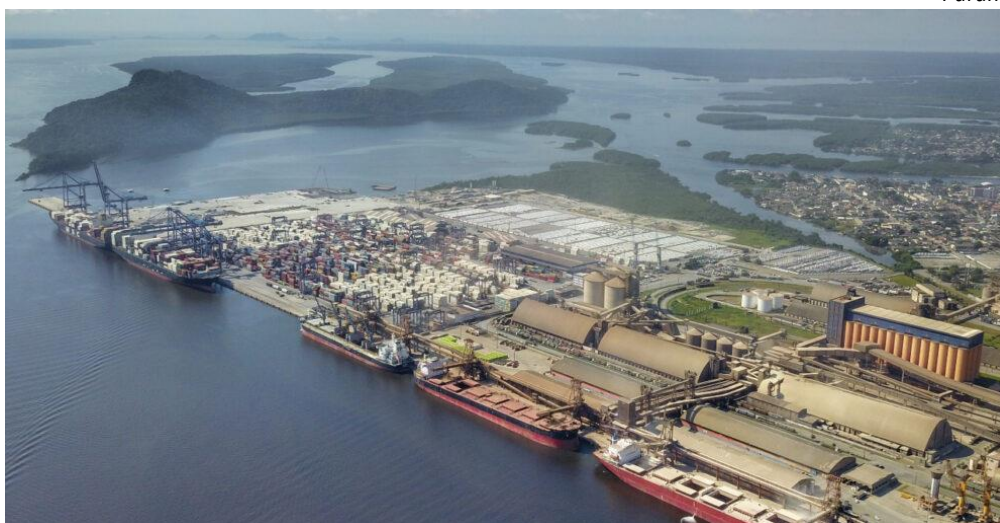
Interopérabilité d'un grand port versus sauvegarde de la biodiversité de zones marines protégées ?

Entretien avec Victor Yugo Kengo, Thales Schanka Trevisan et José Carlos Bom de Oliveira

Victor est directeur de l'ingénierie et de la maintenance des ports du Paraná. Il est titulaire d'un diplôme en ingénierie mécanique de l'Université technologique fédérale du Paraná (UTFPR), d'un MBA en gestion de projet de l'Université de São Paulo (USP) et d'un diplôme en investissements et banque privée de l'Institut brésilien des marchés et des capitaux (Ibmec).

Thales est responsable de l'environnement à Portos do Paraná, ingénieur en environnement et sécurité au travail, titulaire d'un master en gestion portuaire et logistique et spécialiste en gestion de projet.

José est coordinateur de l'infrastructure et de la communication au conseil d'administration des ports de Paraná.



Source : Copadubo

Ports du Paraná (Paranaguá et Antonina)

L'entreprise publique Ports du Paraná est constituée des ports de Paranaguá et de Antonina (ancien port d'estuaire depuis 1920). Le port de Paranaguá est entouré par des unités de protection de l'environnement. Il est le plus grand port de vrac d'Amérique latine. 80% des produits passent par la route, 20% par le train, dans une grande gare de triage numérisée. Traitant principalement les engrais, la volaille et les voitures à Paranaguá, et les produits plus spécialisés, et à forte valeur ajoutée à Antonina, l'entreprise Ports du Paraná est très compétitive au niveau international (rapport entre le nombre de tonnes mobilisées par rapport aux linéaires de quai). Elle présente de très bons indices de gestion publique et environnementale. Cependant, elle fait face à de grands défis, comme l'interface entre le port de Paranaguá et la ville, la maîtrise des impacts des ports sur les zones maritimes protégées qui les entourent et la maîtrise du problème de congestion routière à cause des camions de marchandise qui transitent de manière continue entre Curitiba et les ports du Paraná.

S'intégrer progressivement au système d'informations international entre les ports

Dans le cadre d'une collaboration technique internationale (août 2020 - août 2021) avec la fondation Valenciaport (ES), l'entreprise publique Ports du Paraná a mis en place un système communautaire portuaire, le Port Community System – PCS, qui vise l'optimisation des opérations et l'échange d'informations entre les agents impliqués dans le flux des navires, le renforcement de la sécurité numérique dans les Ports du Paraná et le développement des compétences des employés de l'autorité portuaire. Quatre résultats ont été atteints dans le cadre de ce partenariat : la conception du système communautaire portuaire (PCS); le développement d'une plateforme technologique Port Collaborative Decision Making (PortCDM) ; la réalisation d'un diagnostic suivi de propositions pour la cybersécurité portuaire et un programme de formation en gestion stratégique des ports.

En partant de zéro, le Port Community System mis en place dans les ports du Paraná permet de mieux s'organiser localement et d'améliorer les performances des échanges internationaux. La mise en œuvre du couloir biocéanique demandera une circulation des informations fluide et interopérées. Et dans un monde parfait, le système intégrerait tous les flux portuaires mondiaux.

Faciliter la gestion environnementale et sociétale du port par de nombreux monitorings et la transparence des données

Avant 2004, aucune donnée concernant les impacts du port sur l'environnement n'était produite. Depuis, Ports du Paraná a obtenu deux autorisations environnementales nationales importantes : en 2013 pour les opérations du port de Paranaguá et en 2017 pour le port de Antonina⁶. Au-delà du respect de la loi, certifié par ces licences, Ports de Paraná a lancé deux actions d'envergure parmi d'autres programmes de compensation :

- La création d'une grande base de données, qui met à disposition de tous, à travers un portail internet, les résultats de nombreuses mesures de l'environnement : émissions de bruits, qualité de l'eau et des sédiments ; activité de pêche ; biote aquatique et mangroves ; eaux souterraines ; eaux de ballast.
- La création d'une direction environnementale transversale dans l'entreprise dont l'avis doit être pris par l'ensemble des autres directions pour chaque projet. Par ailleurs, dans la recherche d'un équilibre entre les trois piliers du développement durable, la ville ne peut pas être séparée du port (et vice-versa). Des actions sociales sont donc faites avec la mairie et avec les écoles publiques. Le port accueille aussi de nombreuses visites et organise des conférences pour répondre à la demande de la population de connaître le port, et si possible, dès le plus jeune âge (dès 10 ans). Par exemple, en 2019, le port a accueilli 10 500 visiteurs.

⁶ Licença de Operação IBAMA nº 1173/2013 - 1ª Renovação et Licença de Operação IBAMA nº 1364/2017 - 1ª Retificação

Intermodalité & Interopérabilité, même combat : l'importance de la concertation et de la négociation pour améliorer les flux

Un des grands défis pour Ports du Paraná est la régulation optimisée des flux pour éviter la congestion sur les routes des territoires proches et lointains impactés par les activités des ports. La priorité pour l'entreprise est d'améliorer les infrastructures pour limiter la rupture de charge entre le camion et le train. L'objectif visé est un 50/50 (route/rail), alors qu'aujourd'hui la situation est à 80/20 pour le transport par camions vs le train. Le plus grand impact du port sur la ville aujourd'hui, ce sont les croisements rail/route. La nouvelle infrastructure doit permettre de diminuer de 16 à 5 le nombre de croisements et de baisser de 30% les émissions de CO₂. Elle doit également permettre d'augmenter le trafic ferroviaire et de diminuer les temps de manutention. Mais il existe une forte résistance contre le train des populations locales en raison des expropriations qui seront nécessaires sur des petites fermes pour le nouveau tracé. La concertation et les négociations sont donc cruciales pour le choix du nouveau tracé du chemin de fer et pour l'ensemble des interfaces port-ville. Le Port Common System mis en place récemment modélise et caractérise les bénéfices de cette nouvelle interopérabilité de données et de l'amélioration de l'intermodalité. Reste à l'entreprise de savoir traduire ces améliorations en bénéfices pour le territoire local.

Protection de l'environnement et interopérabilité logistique : un mariage (im)possible ?

Les efforts de Ports du Paraná pour protéger et préserver la richesse environnementale de la région se traduisent par des approches concrètes, parfois pionnières. Les ports d'estuaire nécessitent par exemple un dragage continu. L'entreprise a cependant instauré l'arrêt du dragage de sédiments pendant les périodes de reproduction des dauphins. De même, dans la lutte contre l'implantation d'espèces invasives apportées dans les eaux de ballast, un monitoring est imposé aux navires. Si les résultats ne sont pas bons, l'eau est récupérée et traitée à terre. L'engagement de l'entreprise dans la recherche d'un développement durable territorial est donc réel. Mais en même temps, la recherche de performance interopératoire (pour les données) et intermodale (pour les modes de transport) se poursuit, ce qui aura comme conséquence, et c'est l'objectif affiché, l'augmentation des flux de marchandises et de navires. Jusqu'à quand les écosystèmes marins et littoraux tiendront-ils ?

« La nature est très forte.
A nous d'adapter nos actions
autant que possible »

Fleuve et chutes d'Iguaçu, frontière ou passage entre l'Argentine et le Brésil ?

Entretien avec Sergio Casertano et Claudio Sacramento

Sergio est diplômé et professeur en Biologie. Il travaille au Département de Conservation et Education Environnementale de l'administration du Parc National d'Iguazú, dans la province de Misiones, en Argentine. Il a travaillé au Musée des Sciences du Mar de Plata, où il fut responsable de la collection d'invertébrés. Au cours de sa carrière, il a réalisé des recherches sur les insectes de la forêt Atlantique et sur les phlébotomes qui transmettent la leishmaniose. Il est également professeur en collège et lycée.

Claudio Sacramento assure depuis 2020 l'intérim de la direction du Parc national d'Iguazú, dans la province de Misiones, en Argentine.



Crédit photo : Juliette Cerceau

Les chutes d'Iguaçu vues depuis le Parc National de l'Iguazú (Argentine)

Le Parc National de l'Iguazú, en Argentine, a été créé en 1934. Réservoir de biodiversité (habitat pour plus de 2 000 espèces de plantes ainsi que des espèces emblématiques comme le tapir, le singe hurleur ou le jaguar), le parc est surtout connu pour offrir un point de vue spectaculaire sur les cataractes en demi-cercle du Rio Iguazú. Près de 1,5 million de visiteurs empruntent chaque année le circuit de passerelles permettant d'admirer la beauté du paysage des chutes. De l'autre côté de la rivière, qui constitue une frontière naturelle et nationale, se situe le Parc National d'Iguaçu, au Brésil. Ces deux parcs couvrent une superficie totale d'environ 250 000 hectares de forêt subtropicale, déclarée depuis 1984, patrimoine mondial par l'UNESCO.

Enjeux d'interopérabilité amont/aval du Rio Iguazù

Le Rio Iguazù s'étend sur 1 320 km avant de se jeter dans le fleuve Paraná. Les fortes dénivellations responsables de nombreuses chutes d'eau, dont les spectaculaires chutes d'Iguazù, font de la rivière une grande contributrice de la production d'énergie hydroélectrique. En amont du site touristique, son parcours est ainsi ponctué de 5 barrages. Et le bassin versant de l'Iguazù en compte en totalité 14. La coexistence des activités touristiques et hydroélectriques fait l'objet d'enjeux d'interopérabilité entre l'amont et l'aval de la rivière. Pour niveler la production d'énergie, les barrages retiennent l'eau, ce qui a pour conséquence de faire baisser le débit des chutes, avec des impacts sur le paysage ainsi que sur le fonctionnement écologique des cataractes. En cas de fortes pluies, les barrages doivent au contraire libérer l'eau ce qui détruit régulièrement les installations touristiques, les passerelles notamment, et affectent les écosystèmes. Les responsables de la gestion des barrages nous demandent souvent : « ce serait quoi, pour vous, le bon débit au niveau des chutes ? » Or c'est une question très difficile car le débit est extrêmement variable et les résultats des mesures sont souvent incohérents. Il nous faut sans cesse composer avec les dynamiques naturelles de la rivière, les contraintes légales relatives à la protection des cours d'eau, les niveaux de remplissage des barrages et les contraintes de nos infrastructures.

Enjeux d'interopérabilité d'une rive à l'autre de Rio Iguazù

Le Rio Iguazù est à la fois une frontière naturelle et administrative entre le Brésil et l'Argentine. Des collaborations existent entre les deux parcs, de part et d'autre de cette frontière, notamment en cas de problèmes. Nous allons coopérer facilement pour poursuivre et arrêter des chasseurs, des cueilleurs ou des pêcheurs qui braconnent dans l'enceinte des parcs. Mais ces collaborations restent marginales et insatisfaisantes. En ce qui concerne la recherche par exemple, des perspectives de collaboration ont pu être envisagées, sur des sujets tels que le monitoring d'espèces. Mais la concrétisation des actions tarde à venir. Cela reste très cloisonné. L'idéal serait de créer un conseil, un lieu de partage et de circulation des informations entre les différentes personnes qui travaillent dans les parcs ainsi qu'avec les communautés extérieures.

De la biocéanique à un Parc Binational ?

La stratégie du Parc national de l'Iguazù est de coupler conservation des espèces naturelles et attractivité touristique. A l'heure actuelle, l'arrivée potentielle de la traversée biocéanique aux portes du Parc côté brésilien n'est pas prise en compte dans les scénarios d'évolution du nombre de visiteurs. Mais on peut aisément concevoir qu'elle aura un impact bénéfique sur la croissance du nombre d'entrées, à condition de fluidifier le passage à la frontière. Côté argentin, les contrôles à la frontière sont très importants et ont un impact sur la circulation des touristes entre les deux côtés des chutes. Un Parc binational, permettant une libre circulation des visiteurs entre le côté brésilien et argentin apparaît, me semble-t-il une piste prometteuse.

Les Chutes : barrières touristiques, continuités écologiques

Les chutes d'Iguazú constituent clairement une barrière pour les êtres humains. Il est aujourd'hui impossible et surtout interdit de traverser, à pied, la rivière au niveau des chutes. Des projets de passerelles assurant la communication entre les sites argentin et brésilien ont été rejetés par l'Unesco dans un souci de protection de la beauté du paysage. Il est par ailleurs souvent long et difficile de traverser la frontière entre les deux pays par le Pont international de la Fraternité (Tancredo Neves). La circulation et le contrôle des touristes à la frontière argentine occasionnent régulièrement des embouteillages.

Mais ce qui constitue une barrière pour les êtres humains fonctionne comme une continuité écologique pour les espèces présentes localement, même pour les espèces terrestres. Lorsque le braconnage des jaguars est plus intense d'un côté des chutes, on constate une augmentation du nombre d'individus de l'autre côté. Dans les années 1990, une grippe porcine a frappé des porcs sylvestres côté brésil, et l'épidémie a fini par décimer l'espèce côté argentin également. Pour les espèces animales et végétales, les chutes d'Iguazú fonctionnent comme un territoire, ce qui doit pouvoir nous inspirer.

« C'est interopérable du point de vue écologique. Un problème d'un parc affecte l'autre parc. »

Le territoire des Chutes : quels partages, quelles coopérations ?

Je reviens sur l'idée d'un parc binational. Au regard des enjeux de préservation de ce réservoir formidable de biodiversité, il apparaît crucial de ne plus concevoir le Rio Iguazú comme une frontière mais comme un territoire propice à la mise en œuvre d'une planification commune de la conservation de ces espaces. Cette planification « interopérée » entre les deux parcs nationaux doit, en autres, inclure une vraie réflexion sur les coopérations scientifiques essentielles pour la conservation et le monitoring de la richesse écologique présente. Aujourd'hui, ce que l'on constate malheureusement, c'est que des groupes de chercheurs obtiennent l'autorisation de venir travailler sur une période au sein des parcs, puis repartent emmenant avec eux les informations et les connaissances qui sont finalement rarement publiées et partagées avec les acteurs locaux. Ce qui questionne sur la circulation et la conservation des connaissances au sein du territoire des Chutes.

Interopérer dans les ports secs frontaliers = moins de risques et plus d'agilité

Entretien avec Roger da Costa Mendes Ribeiro

Roger travaille dans le secteur de la logistique portuaire depuis une vingtaine d'années et chez Multilog depuis 3 ans (<http://www.multilog.com.br>). Multilog est une entreprise leader en logistique des sites de frontière sèche dans le Mercosur et est titulaire de la certification internationale d'opérateur économique agréé (OEA)⁷. Multilog dispose de 38 unités et de bureaux d'entreprise au Brésil, de plus de 2 800 employés, de 2,2 millions de mètres carrés d'aires de stockage et de plus de 350 licences. Roger est en poste depuis juin 2022 à Foz do Iguaçu (état du Paraná, Brésil), en tant que Directeur des opérations du Port sec.



Source : Multilog

Le port sec de Foz do Iguaçu

Le port sec de Foz do Iguaçu est le plus grand port sec en taille et en flux d'Amérique Latine. Il s'étend sur une surface d'environ 190 000 m² au nord de la région centrale de la ville de Foz do Iguaçu, sur la route BR 277, à environ 5km de la frontière avec le Paraguay et à 11 km de la frontière avec l'Argentine. En moyenne, 19 000 camions transitent par le port sec chaque mois. 950 places de stationnement sont disponibles. La société Multilog a obtenu la gestion du port par concession pour une première période de 10 ans en 2003, puis un renouvellement décennal en 2013. La récente construction d'un nouveau pont sur le fleuve Paraná, qui marque la frontière entre le Brésil et le Paraguay, va entraîner à l'horizon 2024, la déviation du flux principal de camions sur un périphérique au sud de Foz do Iguaçu, ainsi que le déménagement du port sec actuel. Multilog, qui a déjà grandement amélioré ses performances en diminuant le temps moyen de transit des camions à la frontière, se prépare à relever ce nouveau défi, avec de nouvelles promesses d'intégration.

⁷ <https://www.douane.gouv.fr/dossier/loperateur-economique-agree-oea>

L'agilité, un indicateur clé de qualité d'interopérabilité

Les points frontaliers d'entrée et de sortie de marchandises et de matières premières constituent des sites d'attention cruciaux pour l'Etat. Ils concentrent des enjeux critiques à la fois économiques et de sécurité nationale. L'**agilité** d'un port sec se mesure principalement grâce à un indicateur : le nombre d'heures moyen de transit d'un camion entre deux pays, comprenant à la fois des processus de contrôle des marchandises et des transporteurs et, le cas échéant, de dédouanement (« nationalisation » des marchandises). C'est ce chiffre qui démontre l'essentiel de la performance et de la qualité du service rendu par le port sec. C'est lui qui permet aussi de faire jouer la concurrence entre les différentes entreprises et les régies internes de municipalités qui se disputent les concessions de gestion des ports secs. Au port sec de Foz do Iguaçu ce chiffre est de 25h, mais cette moyenne cache des situations très différentes : 72% des marchandises sont libérées en moins de 2 heures. Pour les autres, le temps de transit va dépendre de procédures de contrôle spécifiques en cas de risque détecté en amont par le fisc (pesée, scanner, envoi de test en laboratoire, attente des résultats...). C'est sur l'efficacité et la qualité de ces processus de contrôle et de libération que Multilog fait la différence. Par exemple, Multilog est devenu un opérateur économique agréé OEA, qui est un label international de confiance qui permet l'automatisation de certaines procédures.

Des technologies de pointe interopérées, facteur central d'optimisation de la gestion des risques et de sortie de crise

L'instabilité politique et économique des pays limitrophes, les crises - comme la crise économique mondiale de 2008 et la pandémie de COVID - ont de grands impacts sur la circulation des marchandises entre pays et sur le bon fonctionnement des ports secs. La technologie est devenue un facteur de différenciation et de résilience face à ces crises. Elle facilite les choses. Depuis la crise COVID par exemple, le fisc brésilien organise des réunions en ligne régulièrement. Il partage des données et des informations de leurs systèmes de gestion des risques mis en place depuis 2011. Avant cela, environ 20% des véhicules étaient contrôlés en fonction d'un classement en trois couleurs : voie verte, libération directe ; voie jaune, analyse de documents et voie rouge, contrôle physique de la marchandise. Aujourd'hui, grâce au croisement d'informations entre les clients, les transporteurs, le fisc et le port sec, ce ne sont plus que 1 à 2% des véhicules qui sont contrôlés. C'est un changement énorme ! En cas de différence entre le poids déclaré au départ d'un camion et la pesée réalisée dans les cours du port sec par exemple, ce dernier peut aujourd'hui réaliser un scanner du camion et voir instantanément si un objet a été introduit dans la cargaison, sans avoir besoin de le vider. Notre système de gestion des transit actuel, GENUS, que nous avons mis en place au moment de la pandémie COVID, permet de réaliser toutes les démarches administratives en ligne. Dans 99% des cas, on autorise le passage ! Cette technologie nous a permis de traverser la période COVID sans aucun problème de main d'œuvre. Elle a remplacé le contact humain sans modifier notre besoin en ressources humaines.

Adapter la ville à un grand pôle d'interopérabilité logistique

Aujourd'hui, nous sommes le plus grand entrepôt sous douane en taille et en flux de l'Amérique latine. La construction du nouveau pont sur la rivière Paraná et le détournement des camions grâce au nouveau périphérique impliquent le déménagement du port sec à proximité de ce nouveau poste de frontières.

Les terrains que nous occupons aujourd'hui vont donc être cédés à la commune pour le développement d'activités culturelles et d'éducation. Mais, comment vont-ils être récupérés ? Comment se prépare la ville au grand changement de flux qui s'annonce ?

Je n'ai aucun doute que la situation dans le centre de Foz do Iguaçu va s'améliorer. Du point de vue logistique,

avec la nouvelle voie directe, nous aurons une vitesse plus importante. Il y aura plein de connexions vers l'Argentine, l'Uruguay, le Chili et le Paraguay et plusieurs possibilités de multimodalités (fluviale, aérienne, ferroviaire). Mais, il faudrait organiser ces procédures. Il faut uniformiser : l'exemple typique, ce sont les tailles des rails. Mais il faut aussi standardiser des démarches douanières. Il faut adapter toutes ces démarches pour qu'il n'y ait pas de problème. Finalement, ce sont des problèmes d'interopérabilité pure. Il existe bien sûr l'accord du Mercosur, mais chaque pays a ses propres démarches et cela impacte les investissements et peut générer des blocages de marchandises à la frontière.

« Aujourd'hui, on a des produits chimiques qui traversent la ville, c'est un risque immense. Et la ville a commencé à grandir, et malheureusement, des procédures n'ont pas été mises en place pour s'adapter »

Un besoin de traçabilité sanitaire

Dans le passé, on a plaisanté, on a dit que le nouveau port sec serait comme un péage, pas différent de ceux de l'Europe. On devrait avoir une structure plus agile, y compris chez les autres acteurs, le fisc et d'autres. Un des principaux défis pour le futur est d'améliorer la **traçabilité**. Par exemple, les principaux intéressés pour la viande, la santé publique et la personne qui vend ce produit, doivent avoir la traçabilité pour assurer/garantir la qualité. Cette traçabilité doit être régulière et garantie tout au long du parcours de la marchandise pour qu'il n'y ait pas de problèmes à l'arrivée. La traçabilité est très importante pour savoir si les producteurs et leurs produits sont fiables. En réalité, c'est un transfert du contrôle qualité depuis l'origine jusqu'aux extrémités du parcours. Parce que des fois, cela ne marche pas et le client final n'est pas satisfait. Alors, ça, c'est une pensée à moi : en tant qu'entreprise logistique, on veut de l'agilité, de la sécurité, on va travailler de la meilleure façon possible pour être, à la fin, les plus rapides et les plus fiables.

OBJETS D'INTEROPERABILITE

Un nouveau pont, levier d'interopérabilité ?

Entretien avec Adriana Brandt

***Adriana** est diplômée en droit, puis en technologies, gestion et durabilité et en gestion du territoire urbain. Elle est aujourd'hui doctorante du Programme d'études supérieures en ingénierie et gestion des connaissances - PPGEGC de l'Université fédérale de Santa Catarina – UFSC. Entre 2020 et 2022, elle a animé le projet de nouvel arrangement de recherche et d'innovation -NAPI- « Développement durable de la région trinationale 2020 – 2040 » de la Fondation Araucária pour le soutien au développement scientifique et technologique du Paraná.*



Credit photo : Claudia Enrech

Pont de l'Intégration Brésil-Paraguay, une nouvelle interface frontalière en construction

760 mètres de long, 60 mètres de haut, avec une travée centrale de 470 mètres de portée libre au-dessus du fleuve Paraná, le Pont de l'Intégration devrait être inauguré fin 2022. Son exécution est le témoin d'une interopérabilité technique et organisationnelle entre le Brésil et le Paraguay : si du côté brésilien, les travaux ont commencé sur le mât principal, du côté paraguayen, les travaux se sont concentrés sur la boîte de balancier. La construction du pont est financée, à hauteur de 463 millions de R\$ par Itaipu Binacional, interface binationale appartenant à la République fédérative du Brésil et à la République du Paraguay. Pendant toute la durée des travaux, une attention particulière a également été portée à l'interface entre les systèmes techniques liés à la construction du pont et les systèmes écologiques : des diagnostics environnementaux ont été réalisés régulièrement pour rendre compte de l'impact sur la faune et fonder des stratégies de conservation des milieux.

Légaliser les interopérabilités d'usage : un grand défi à relever

Le fleuve Paraná marque la frontière entre le Paraguay, le Brésil et l'Argentine. Longtemps voie navigable importante et passage naturel entre les pays, il est aujourd'hui interdit aux populations de le traverser d'une rive à l'autre. Le trafic fluvial de marchandises y est aujourd'hui très limité, en raison de la présence du barrage d'Itaipu et des restrictions liées à la frontière. Ses berges sont militarisées et non constructibles dans toute la région urbaine de la triple frontière. Et pourtant, les habitants de la région trinationale aspirent à une plus grande interopérabilité de cet espace métropolitain. Les connexions entre les systèmes urbains et la mutualisation de services se construisent ainsi de manière spontanée à travers le temps par les usages des populations : les formations de médecine paraguayenne compensent le numerus clausus qui limite le nombre d'étudiants au Brésil ; les services hospitaliers brésiliens accueillent gratuitement toutes les personnes qui s'y présentent, quelle que soit leur nationalité. Cependant, ces usages ne sont pas souvent accompagnés d'ajustements légaux. Par exemple, les médecins brésiliens diplômés en médecine au Paraguay devront suivre un long et coûteux chemin pour voir leur diplôme validé dans leur pays.

Démêler (toutes) les conséquences d'une interface frontalière défailante

Au-delà de ces questions juridiques, ces interopérabilités défailantes s'incarnent également physiquement, dans les infrastructures. L'essentiel de la mobilité de biens et de personnes entre le Paraguay et l'état du Paraná, et en partie celle des pays du Mercosur, se concentre sur le pont de l'Amitié⁸. Cette réalité entraîne de lourds problèmes d'engorgement sur ce carrefour continental, qui se traduisent par des dommages commerciaux et économiques. Mais ce n'est pas tout. La prostitution de femmes et d'enfants autour des files d'attente, la difficulté de circulation pour les travailleurs transfrontaliers, les pollutions et la détérioration du cadre de vie des riverains sont également des conséquences de cette « interface » censée améliorer l'interopérabilité entre les pays. Pour lutter contre l'engorgement de ce carrefour, le nouveau « Pont de l'Intégration » sera inauguré en novembre 2022. Mais je m'interroge vraiment : apportera-t-il des solutions à ces problèmes ou en favorisera-t-il le développement ? La mise en fonctionnement du nouveau « Pont de l'Intégration » va s'accompagner d'une spécialisation des fonctions attribuées aux deux ponts. La nouvelle infrastructure sera dédiée au transport de marchandises et aux automobilistes en transit. L'ancien pont de l'Amitié sera quant à lui dédié aux mobilités locales, des habitants et des touristes en séjour dans la région. Cette différenciation fonctionnelle sera-t-elle suivie de nouvelles sécurités juridiques, environnementales et sociales ? d'une nouvelle vision de territoire transfrontalier en commun ?

⁸ Chaque jour, en moyenne, 42 000 véhicules et 87 000 personnes circulent sur le pont de l'Amitié (source : <https://www.laclave.com.py/2022/04/11/se-redujo-4-circulacion-de-pedestres-a-traves-del-puente-de-la-amistad/> consultée le 28/09/2022). Le pont suivant, vers le nord à 220km, relie les communes de Guaíra (BR) et de Salto del Guairá (PY). Vers le sud, à 300km, le pont international de Encarnación relie les communes de Posadas (AR) et de Encarnación (PY).

Pour une réappropriation des infrastructures logistiques par les communautés locales

Selon moi, l'interopérabilité passe d'abord par la fluidification de la circulation des flux de personnes et des biens sur les ponts qui traversent le Paraná. En ce sens, l'interopérabilité facilite les interfaces et les échanges fonctionnels entre les systèmes urbains présents dans la région trinationale par exemple. Mais je suis assez convaincue que cette interopérabilité ne doit pas s'arrêter là. Elle doit être un levier pour construire une vision commune d'un espace métropolitain en l'affranchissant des contraintes physiques, juridiques, politiques liées aux frontières entre le Brésil, le Paraguay et l'Argentine. Finalement, au-delà de la circulation des personnes et des camions, c'est aussi et surtout de la circulation d'idées !

Or le projet et la construction du nouveau pont, le Pont de l'Intégration, semblent ne prendre en compte que les échanges fonctionnels entre les pays. Preuve en est : dès sa conception, le projet a échappé aux communautés locales. Les discussions et les choix se font à l'échelle des Etats, les entreprises de travaux publics qui interviennent sont d'envergure nationale... pire, la construction de ce nouveau pont a eu pour effet d'accroître les effets de spéculation foncière dans des quartiers pauvres, entraînant une régularisation de quartiers informels et donc une dépossession des habitants de leurs lieux de vie.

« L'interopérabilité, c'est un dispositif qui permet de fluidifier les échanges entre les gens, entre les villes, et donc entre des modèles de développement des territoires pour faciliter des constructions communes. »

Cette situation est vraiment regrettable. Pour moi, les ponts de l'Amitié et de l'Intégration devraient être plus que des infrastructures. Un pont, c'est un symbole, une vision commune qui s'inscrit à la fois dans une histoire partagée, en réparation des blessures de la guerre, et dans une vision d'un avenir basé sur une prospérité commune. Le pont, en tant qu'interface, lieu de l'interopérabilité trinationale, peut permettre cela, à condition de garantir les conditions juridiques et la gouvernance internationale assurant une circulation libre et multimodale des biens, des personnes et des idées.

Tunnel binational, antre du « serpent de terre » de l'intégration latino-américaine

Entretien avec Sabah Zrari

Sabah est docteure en Sciences-Politiques de Sciences-Po Paris. Elle vit au Chili depuis 1996. Directrice du bureau d'études Observatoire et Prospective, elle a effectué diverses études dans le domaine de la logistique portuaire et des relations ville-port dans des aspects aussi divers que les coûts logistiques, les tableaux de bord de performance des chaînes logistiques, la formation de communautés logistiques ou encore les modifications normatives et réglementaires concernant les ports publics. Elle a été professeure de Politiques Publiques à l'Université de Santiago du Chili et directrice académique du Diplôme « Planification, Gestion et Gouvernance des Villes Portuaires » de l'Université de Santiago du Chili. Elle dirige le bureau d'études Observatorio y Prospectiva et est directrice académique d'un Programme de Cours sur les Villes portuaires Durables en langue française proposé conjointement avec l'Association Internationale des Villes Portuaires (AIVP) et International Institute of Ports and Cities.



Source : Région Binacional

Projet de tunnel binational Agua Negra, entre l'Argentine et le Chili

En 2014, l'Argentine et le Chili ont souhaité relever le défi d'une plus grande connectivité physique favorisant l'intégration et la facilitation des échanges à leurs frontières. Au-delà de mécanismes institutionnels de coopération, le développement d'infrastructures de connectivité est devenu la condition de la réalisation de cet engagement. Dans ce cadre, le projet de tunnel binational d'Agua Negra, infrastructure de 14km de long, a eu pour ambition d'améliorer le trafic de marchandises entre les deux pays en atténuant l'effet d'étranglement du passage montagneux du Col de Agua Negra qui culmine à 4 779 mètres d'altitude. La route accueille actuellement jusqu'à 10 500 véhicules par an, sans possibilité de transport de marchandises. En outre, le passage existant est fermé pendant une grande partie de la saison hivernale. Les accords de financement binationaux ont été signés en 2016. Le tunnel devrait être inauguré en 2027.

« Serpent de terre », la question de l'interopérabilité des projets sur l'intégration de l'Amérique Latine

L'intégration physique de l'Amérique Latine a depuis longtemps été vue comme une nécessité. Les discussions sur les solutions pour surmonter les obstacles liés à la logistique et aux infrastructures remontent au tout début des années 2000. Elles se sont concrétisées par la création de l'IIRSA, l'Initiative pour l'Intégration Régionale des Infrastructures d'Amérique du Sud. En 2009, émanant de l'IIRSA, le COSIPLAN est créé. Il s'agit d'un conseil latino-américain dédié à la planification des infrastructures. Il a notamment eu pour but de promouvoir la connectivité régionale en construisant des réseaux d'infrastructures. Où en sont tous ces projets aujourd'hui ? Ces dernières décennies ont vu se dégrader les relations entre l'Argentine et le Chili. Ce qui explique en grande partie que les grandes déclarations ne se soient pas concrétisées. Mais qu'en est-il de la capitalisation sur les travaux et les coopérations antérieurs ? Cela pose la question de l'articulation, dans le temps, des différents projets d'intégration menés en Amérique Latine.

Transport interrégional et supranationalité

Un autre frein, me semble-t-il, au développement de ces projets d'intégration réside dans le fait que l'Amérique Latine continue à fonctionner selon une matrice « coloniale », en exportant la plus grande partie de ces matières premières vers l'Europe hier, vers la Chine aujourd'hui. De ce fait, le développement du commerce interrégional est faible. Au-delà de la question du développement d'infrastructures transfrontalières, avec les enjeux d'interopérabilité technique et économique que cela suppose, il manque un schéma de transport à l'échelle continentale. L'intégration latino-américaine, cela implique des investissements publics importants, mais aussi et surtout une réflexion en termes de supranationalité. Il ne s'agit plus de penser la frontière comme une limite, mais bien comme un espace d'intégration économique, social, politique, etc. C'est le grand défi pour l'intégration de l'Amérique Latine, celui de l'interopérabilité politique pour une vision stratégique commune.

Les observatoires au service d'une gouvernance multi-niveau et participative

En complément des réflexions menées par le Programme d'Intégration Territoriale, j'ai eu à cœur de promouvoir la création d'un observatoire de la logistique pour l'axe IOC. Avec l'Université de Tarapacá et le bureau d'études Observatorio y Prospectiva, nous avons travaillé en 2011 sur une proposition d'Observatoire de la logistique sur l'axe IOC que nous voulions soumettre au concours de Biens Publics Régionaux de la Banque Interaméricaine de Développement. Mais le projet n'a pu finalement être présenté car nous n'avions pu obtenir la signature du ministère des Affaires Etrangères de la Bolivie, un des pays que comprend cet axe.

L'observatoire est bien souvent considéré comme une fin en soi par les gouvernements, c'est-à-dire la possibilité de collecter et de centraliser des informations qui sont bien souvent difficiles à obtenir, car propriétés des acteurs privés, des grands groupes du portuaire et de la logistique.

Pour moi, l'observatoire est un instrument, un moyen pour mettre de multiples acteurs autour d'une même table et pour réfléchir sur la conception du modèle de développement de la logistique. La construction même de l'observatoire, lorsqu'elle est menée à une échelle internationale, participe ainsi à un

« Pour moi, l'observation est un moyen, ce n'est pas une fin en soi. Elle doit contribuer à la mise en œuvre participative d'une gouvernance multi-niveau »

renouvellement de la gouvernance. En effet, il ne s'agit pas seulement de centraliser la collecte d'informations. Il s'agit avant tout de s'accorder sur la définition des dimensions à prendre en compte, des critères à retenir, des indicateurs à renseigner et donc des objectifs à atteindre. Ainsi, à mon sens, l'observatoire international de la logistique ne peut être pensé sans la mise en place d'un comité de pilotage qui permet de discuter pourquoi et comment l'information doit être collectée et produite. C'est le lieu où peuvent s'exprimer et se confronter différentes visions de la stratégie de développement de la logistique.

Pour mettre en place un tel dispositif, je trouve très inspirant les travaux de recherche menés sur la gouvernance multi-niveaux pensée comme un système de négociation continue et multiscalaire entre les gouvernements. Ces travaux invitent à repenser les dynamiques de prise de décision et la répartition des compétences en articulant les entités supra et infranationales. On est ici au cœur de ce que pourrait être une interopérabilité politique nécessaire à la mise en œuvre des projets de connectivité physique entre les pays latino-américains.

Nova Ferroeste, le plus grand projet ferroviaire du Brésil

Entretien avec André Luis Goncalves

André est ingénieur civil et diplômé en Gestion environnementale par l'Université régionale de Maringá (PR). Il est le Directeur Président de la compagnie du chemin de fer Paraná Oeste – Ferroeste depuis janvier 2019.



Crédit photo : Juliette Cerceau

Terminal ferroviaire de la Ferroeste à Cascavel

Le terminal ferroviaire de Cascavel se situe à l'extrémité ouest du réseau de chemin de fer de la Ferroeste (l'entreprise ferroviaire de l'Etat du Paraná). Son positionnement géographique en fait un véritable goulot logistique. C'est le lieu de retournement des trains, le lieu d'intersection entre différentes voies logistiques (routières, ferrées) impliquant d'importantes ruptures de charges, le lieu également de concentration saisonnière des flux agricoles et agroalimentaires produits dans l'Etat, mais également en Argentine et au Paraguay. Ce goulot représente ainsi un facteur de vulnérabilité important pour l'ensemble du réseau ferré de la Ferroeste qui devra pour autant faire face à une augmentation du trafic de marchandises.

Projet Nova Ferroeste, le plus grand projet ferroviaire du Brésil

Le projet est né d'un accord entre les États de Paraná, Mato Grosso do Sul et Santa Catarina. La liaison ferroviaire entre les trois États doit permettre une réduction des temps de transport et des coûts logistiques. Il devra garantir le transit de marchandises tels que les céréales, le soja et le maïs et les protéines animales transformées et congelées (38 millions de tonnes selon les premières estimations) destinées, principalement, à l'exportation. Au total, ce sont 1 567 km de rails. La route principale reliera Maracaju au port de Paranaguá. Deux lignes secondaires sont également prévues : l'une reliant Cascavel à Foz do Iguaçu - permettant la collecte de marchandises en provenance d'Argentine et du Paraguay - et l'autre entre Cascavel et Chapecó - l'un des plus grands bastions de la production de protéines animales du pays. Dans presque toutes les villes situées le long de la voie ferrée, et en particulier à Foz do Iguaçu, le tracé contournera les centres urbains et passera loin des zones en développement. C'est toute la dynamique de la région occidentale qui devrait être amenée à changer, notamment pour les coopératives qui ont besoin d'un accès au port et qui transportent de gros volumes.

Interopérabilité technique et chemin de fer

Ce grand projet ne va pas sans soulever de vrais défis techniques. A commencer par la taille des voies ferrées : dans la région sud, on a une distance d'un mètre entre les deux axes du rail. Et on sait que la nouvelle voie ferrée prévoit une distance de 1m40 voire 1m60 pour augmenter la quantité de charge transportée. C'est une demande du gouvernement fédéral, on ne discute pas les choix technologiques mais il faudra permettre cette connexion. Il est prévu dans un premier temps d'avoir une taille mixte permettant la circulation des deux types de train, l'uniformisation se fera progressivement.

Ce grand projet prévoit également de réduire considérablement les émissions de gaz à effet de serre. Cela passera par un report modal d'une partie du transport routier sur le fer. Mais cela supposera également de convertir les locomotives pour les adapter à de nouvelles sources d'énergie moins polluantes. Nous expérimentons depuis plusieurs années une démarche mécatronique avec l'installation de convertisseurs énergétiques permettant une interopérabilité des locomotives à différentes sources d'énergie.

Sur le papier, Nova Ferroeste est un projet génial : il suffit de prendre la carte du Brésil et on voit toutes les connexions qu'il va permettre. C'est de manière incontestable un levier pour améliorer l'interopérabilité logistique entre les états du Sud du Brésil. Mais, qu'en est-il de l'interopérabilité territoriale ? Nous sommes bien conscients qu'il y aura des difficultés d'implantation des terminaux, de définition des tracés à proximité des grandes villes, etc. Il y a ce qu'il y a sur les cartes, et il y a la réalité socioéconomique des territoires.

Amorcer l'interopérabilité transfrontalière

Avec le projet « Nova Ferroeste », le Brésil travaille sur sa portion de la future voie biocéanique qui va traverser l'Amérique Latine. Et pour l'entreprise Ferroeste, c'est une nécessité que d'élargir son réseau pour faire face à l'augmentation du trafic de marchandises. Nous aurons ainsi fait notre part, mais il restera à traverser le fleuve, en doublant par exemple le nouveau pont par une voie ferroviaire. Il restera à connecter les réseaux ferrés brésiliens avec les réseaux paraguayiens, en faisant face aux éventuels défis d'interopérabilité technique que cela implique. Il restera à s'accorder sur les conditions des passages douaniers en respectant les accords commerciaux en vigueur, ce qui relève alors de défis d'interopérabilité économique, organisationnelle et institutionnelle. Pour tout cela, il faut d'abord avoir une réflexion commune au niveau de la présidence des deux pays, ce qui questionne l'interopérabilité à une échelle diplomatique. Ces discussions nous échappent, à nous, entreprise ferroviaire. Pour autant, nous souhaitons amener la nouvelle ligne de chemin de fer aux portes du Paraguay, en espérant que cela permette d'initier une dynamique de coopération et d'amorcer la construction de la voie ferroviaire de l'autre côté de la frontière.

Interopérabilité et échanges d'expériences

Nous ne sommes ni les premiers, ni les derniers à nous confronter aux enjeux d'interopérabilité liés aux développements d'un grand hub logistique. Je suis assez convaincu qu'il ne sert à rien de réinventer ce qui a déjà pu être expérimenté ailleurs. On gagne en efficacité à s'inspirer des retours d'expériences d'autres pays, à collaborer avec des expertises et des compétences internationales sur le sujet. Cela ne veut pas pour autant dire que l'on pourra appliquer directement les solutions éprouvées dans d'autres contextes. Il faudra les adapter à notre propre réalité territoriale. Dans une certaine mesure, ne pourrait-on pas parler d'une interopérabilité des bonnes pratiques et des expériences ?

« On n'a pas besoin de faire du nouveau tout le temps. On gagnera beaucoup à s'inspirer d'autres expériences et à les adapter. »

ACTEURS ET VECTEURS D'INTEROPERABILITE

Interopérabilité et Crise, une relation durable dans les territoires

Entretien avec Gilles Hubert

Gilles est professeur à l'Université Gustave Eiffel. Ses activités de recherche portent sur l'intégration des préoccupations environnementales dans les politiques publiques et leurs effets sur les pratiques d'aménagement à différentes échelles territoriales. Il étudie ces questions principalement sur deux thématiques : les risques naturels (en particulier les inondations) et la gestion des eaux en milieu urbain. Il mène ses travaux au sein du Lab'urba (EA 3482) dont il a été directeur adjoint entre 2016 et 2019.



Source : Préfecture de Police

Opération Sequana 2016

Dans le cadre de la prévention des risques d'inondation, un exercice de grande envergure a eu lieu en mars 2016 sous l'égide de la Préfecture de Police et de l'Union européenne (EU Sequana 2016). Il a eu pour but de simuler une gestion de crise face à la crue centennale de la Seine, à même d'inonder la métropole parisienne où les enjeux sont majeurs : 850 000 habitants directement concernés, 1/3 de l'activité économie française impactée, 1 million de personnes privées d'électricité, entre autres. Mobilisant 130 partenaires privés et publics, l'exercice a ainsi éprouvé l'interopérabilité organisationnelle des acteurs et de leurs plans de gestion en réponse à une crue majeure de la Seine. L'utilité de ce type d'exercice de gestion de crise, s'inscrivant aussi dans la culture du risque et de l'anticipation des effets dominos, a été démontrée à cette occasion.

La crise, révélateur des vulnérabilités des systèmes et de leurs interopérabilités

Les organisations humaines, en dehors des périodes de crise, peinent à consacrer du temps à anticiper les perturbations qui pourraient être occasionnées par des événements graves, par définition imprévus. Lorsque la crise se produit, les dysfonctionnements des systèmes et les dégradations des services rendus qui s'en suivent permettent d'identifier les fragilités de l'ensemble et d'en déduire les axes de travail, les défis à relever, et les actions à mener pour éviter que les mêmes problèmes se reproduisent. Les vertus de la crise sont alors doubles : la première fois qu'on l'étudie, elle fournit les éléments d'un diagnostic par système impacté, et sur l'état de leur éventuelle interopérabilité pendant la crise. Et lorsque les crises se reproduisent, les itérations coordonnées entre acteurs peuvent se structurer en processus d'amélioration continue pour l'interopérabilité des systèmes concernés.

La crise simulée, moteur de la construction d'une intercommunication durable entre les acteurs

S'en remettre aux événements graves pour tester la robustesse d'un système est un pari dangereux et coûteux. Imaginer les futurs possibles et se mettre en situation de vivre une crise « pour de faux » est au contraire un pari gagnant. Car chaque exercice de crise permet de repérer de nouveaux leviers d'amélioration, de s'exercer ensemble et surtout de développer une interconnaissance, une culture commune de la crise entre les acteurs de systèmes différents, qui est de nature à faire la différence au moment où la vraie crise se présente. L'organisation d'un exercice de crise est l'occasion d'améliorer les connaissances et les compétences de l'ensemble des acteurs.

L'interopérabilité ou l'amortissement de l'effet des crises pour augmenter la résilience

Pour améliorer la résilience d'un système ou d'un environnement plus large dépendant de ce système (comme un territoire dépend de son approvisionnement en énergie ou en eau), il n'est pas suffisant de mener une approche « gestion des risques / gestion des crises » avec les acteurs concernés au moment de l'événement. Il faut articuler ces études avec les acteurs des situations d'avant et d'après la crise, car dans ces temps de « bon fonctionnement » se nichent d'importants gisements de résilience comme :

- Le partage d'informations et de données et une réflexion prospective commune entre les acteurs.
- Le choix du périmètre géographique de l'interopérabilité entre plusieurs systèmes, qui peut, s'il est bien dimensionné, être plus solidaire et empêcher de déplacer les problèmes et de créer le chaos chez les autres, en dehors de ce périmètre.

Une définition de l'interopérabilité sous le prisme du territoire

L'interopérabilité, pour moi, c'est une question d'interaction, de communication entre des systèmes de différentes natures : technique, naturelle, urbaine, organisationnelle, logistique, hydraulique, énergétique, etc. L'ensemble de ces systèmes et leurs interactions composent un territoire, une ville par exemple. C'est au moment des crises majeures que vont se révéler où se jouent les enjeux d'interopérabilité, d'intercommunication entre ces systèmes.

Ce que révèle des exercices de simulation de crise comme SEQUANA, c'est que l'interopérabilité se joue avant tout à l'interface entre les organisations. Lors d'une crise majeure, on s'aperçoit de l'importance pour les acteurs de collaborer pour mettre en place des

« On sait réagir dans l'urgence, on est organisé pour ça. Pour moi, c'est ça, la preuve d'une interopérabilité qui fonctionne. »

gestions en mode dégradé et fournir des services aux populations notamment. Et les blocages viennent souvent des organisations elles-mêmes, du manque de communication entre les acteurs, qui s'expliquent très souvent par différentes cultures organisationnelles

L'interopérabilité se joue également entre des espaces et des échelles territoriales. A l'échelle internationale, chaque pays peut avoir son mode d'organisation, sans avoir de retour d'expériences entre les pays. L'Europe finance des programmes, mais au final, chacun travaille dans son coin. Il y a des commissions internationales autour de grands fleuves transfrontaliers, pour créer des plans internationaux de gestion de l'eau. Mais les directives européennes sont déclinées différemment à l'échelle de chaque pays, en fonction des configurations organisationnelles et politiques nationales. A l'échelle plus régionale, l'interopérabilité pose aussi la question de la solidarité territoriale entre l'amont et l'aval, entre les espaces urbains et les espaces ruraux. En Ile de France par exemple, les plans de prévention des risques inondations font peser des contraintes fortes sur les territoires en amont de Paris, en préservant des espaces inondables dans le lit majeur et donc en contraignant le foncier disponible pour la construction, pour protéger les territoires en aval.

L'interopérabilité se joue enfin entre des différentes temporalités. Cette interopérabilité temporelle se joue alors à plusieurs niveaux : il y a la cinétique de la crise en elle-même qui peut être plus ou moins rapide, mais aussi le temps de réponses des différents systèmes ; il y a l'avant-crise et tout ce qui relève de la prévision et de l'anticipation, puis il y a l'après-crise et la gestion des conséquences qui sont bien souvent négligées. La gestion de crise se doit de prendre en compte et d'articuler l'ensemble de ces temporalités.

L'interopérabilité vue par les « bestioles »

Entretien avec Frédéric Lardeux

Frédéric travaille à l'Institut de Recherche pour le développement (IRD), dans l'unité mixte de recherche Maladies infectieuses et Vecteurs : Écologie, Génétique, Évolution et Contrôle. Chercheur en entomologie médicale, notamment en entomologie épidémiologique, son travail vise à mieux comprendre les mécanismes de transmission des maladies des insectes et de proposer des méthodes efficaces de contrôle des vecteurs. Il mène des recherches sur les triatomés, vecteurs de la maladie de Chagas, sur les moustiques vecteurs du paludisme (Anopheles) et sur les arbovirus tels que la dengue (Aedes). Il a vécu et travaillé pendant plusieurs années dans la région du Chaco en Bolivie.



Source : Educhagas

Triatomés, vecteurs de la maladie de Chagas

La maladie de Chagas est une maladie parasitaire qui sévit dans les régions tropicales d'Amérique du Sud et centrale. Elle est véhiculée par une punaise hématophage de la famille des Triatomés. En dépit des mesures d'hygiène et de prévention, cette maladie affecte encore des millions de personnes, surtout dans les zones rurales où les triatomés peuvent se multiplier dans des formes d'habitats propices (habitats traditionnels en torchis par exemple), et trouver des hôtes naturels domestiques ou sauvages tels que les opossums et les tatous.

Anticiper les risques liés à l'anthropisation d'écosystèmes (encore) sauvages

Lors de la mise en place d'une nouvelle infrastructure logistique traversant des territoires encore sauvages ou peu habités, plusieurs risques sanitaires existent :

- **L'importation d'un vecteur de maladie** provenant d'autres parties de la voie (route, rail, fleuves), de ses hubs ou extrémités, et se propageant de proche en proche, par les équipes de construction puis par les agents logistiques (transport passif d'insectes). Comme cela peut être le cas de la maladie de Chagas dans le territoire du Gran Chaco⁹, ou de la fièvre aphteuse bovine et porcine en Bolivie et en Europe. On a aussi beaucoup parlé du cas des moustiques du genre *Aedes*, porteurs de la Dengue venue d'Afrique au XVII^{ème} siècle, ou des moustiques tigres dont les œufs séchés voyagent aujourd'hui dans les pneus rechapés des ports asiatiques, et qui se régénèrent à la première pluie ;
- **La perturbation des milieux naturels**, qui peuvent favoriser des espèces jusqu'alors marginales et nocives pour l'homme. Comme dans le cas de certaines espèces de phlébotomes, vectrices de la leishmaniose ;
- **Les installations (campements) précaires et insalubres**, puis de villages et villes autour des nouvelles infrastructures logistiques, avec une multiplication d'infections jusque-là ponctuelles et sans suite, et qui peuvent dès lors se transformer en épidémie ; comme dans le cas de la Dengue, du Zika, ou du Chikungunya.

Viser une interopérabilité des sentinelles pour limiter la transmission de maladies et les épidémies

La sensibilisation et l'éducation des acteurs aux principes généraux de santé et aux spécificités écosystémiques des milieux concernés peut s'organiser en faisant appel à un spécialiste (épidémiologiste, biologiste). Elle peut se traduire par une surveillance/vigilance partagée avec les acteurs locaux (pièges pour les moustiques et/ou des lieux de ponte étudiés régulièrement) ou par de la recherche active réalisée par un entomologiste.

Pour rompre ou limiter l'interface entre les humains et les vecteurs de maladie, certaines mesures de protection peuvent aussi être envisagées (car un moustique installé est difficile à déloger), la réduction des habitats propices aux agents pathogènes, comme les triatomes, porteurs de la maladie de Chagas ou les moustiques.

⁹ Le Gran Chaco est une région d'Amérique du Sud qui s'étend en partie sur les territoires de l'Argentine, de la Bolivie, du Brésil et du Paraguay, entre les rivières Paraguay et Paraná à l'est, et l'Altiplano andin à l'ouest. La spécificité de sa formation végétale en fait un réservoir de biodiversité.

Interopérabilité logistique et pandémie

Moi, je suis entomologiste, je suis du côté des bestioles. Je ne travaille pas sur les humains. Ce n'est pas que cela ne m'intéresse pas, mais ce n'est pas mon parcours. Ce qu'il faut savoir, c'est que les écosystèmes complexes sont imprévisibles. Il est donc très difficile de généraliser et de prévoir la prolifération des vecteurs et la diffusion des maladies. Néanmoins, je pense que le développement de nouvelles voies logistiques peut changer la donne en matière d'épidémie, au moins locale, à l'échelle d'un pays ou d'une région. En ce qui concerne le projet de biocéanique latino-américaine, il est fort probable que le risque d'importation de vecteurs « inconnus » d'une région à l'autre soit extrêmement limité : toutes ces régions partagent en quelque-sort, les mêmes vecteurs. Le risque sera plus la modification des conditions écologiques locales qui pourront favoriser la prolifération d'un vecteur particulier qui circulait auparavant « à bas bruit ».

« A l'heure actuelle avec le monde qui transporte de tout, partout, tout le temps, depuis des décennies, j'ai l'impression qu'on a dû faire toutes les bêtises possibles. »

L'interopérabilité fait-elle sens pour un entomologiste médical ?

De fait, les systèmes vectoriels sont interopérables... Vu par un entomologiste, l'interopérabilité des acteurs dans un système vectoriel fait donc sens, et c'est une notion (concept) que l'on utilise.

L'hôte, le vecteur et le parasite fonctionnent toujours ensemble : ils s'adaptent les uns aux autres et même co-évoluent. Par exemple, à l'échelle de l'écosystème, certains parasites sont inféodés à une niche écologique spécifique. Les individus de cette niche sont des hôtes, c'est leur fonction. Si cette fonction disparaît, d'autres individus, dans d'autres niches, peuvent prendre ce rôle d'hôte impliquant une colonisation, et éventuellement une mutation des parasites. Cette colonisation implique le développement de nouvelles « interopérabilités » entre l'hôte et le parasite. Au niveau de la cellule, il est intéressant de rappeler qu'à la différence d'autres êtres vivants, les virus se forment à partir de pièces détachées, de morceaux de cellules. Si les pièces détachées ne sont pas compatibles, interopérables en quelque sorte, le virus n'est pas fonctionnel. L'efficacité du virus résulte donc des processus de sélection qui aboutissent à un bon assemblage, une bonne « interopérabilité » de pièces détachées pour garantir sa prolifération dans l'organisme, et dans d'autres hôtes.

Ecosystèmes d'innovation, cultiver une interopérabilité à 4 hélices

Entretien avec Marcio Spinoza

Marcio est Chef du bureau de la science, de la technologie et de l'innovation de l'agence S&T du Paraná. Chercheur invité à la Haas School of Business de l'université de Californie à Berkeley et responsable adjoint des systèmes et modèles d'innovation nationaux de l'association Triple Helix. Ses travaux actuels concernent : i) l'innovation, l'esprit d'entreprise et la représentation des connaissances, ii) les politiques publiques, les pratiques et les processus de gestion pour façonner les écosystèmes d'innovation et d'esprit d'entreprise et iii) les effets mutuels des villes intelligentes et des écosystèmes d'innovation.



Source : DeviantArt

S'inspirer des écosystèmes naturels

Face aux enjeux du 21^{ème} siècle, la recherche et l'innovation prennent conscience que l'approche exclusivement basée sur les systèmes techniques ne fonctionne pas. Les enjeux sont plus complexes : ils relèvent des systèmes sociotechniques, technoécologiques ou socioécologiques. Des chercheurs se sont donc tournés vers les écosystèmes naturels, et en particulier vers la forêt tropicale atlantique du sud du Brésil. Dans ces forêts, il y a un équilibre qui permet la sauvegarde de toutes les composantes. Ce système est auto-régulé, il a ses propres règles pour s'adapter. En s'inspirant du fonctionnement de ces écosystèmes forestiers, ces chercheurs pensent des écosystèmes d'innovation, qui développent les interconnexions entre différents acteurs, entre différentes compétences, entre différents domaines.

9 écosystèmes d'innovation dans l'état du Paraná

Dans l'état du Paraná, au Brésil, nous avons neuf écosystèmes d'innovation qui travaillent sur des champs d'expertise spécifiques. Par exemple, l'écosystème d'innovation Genômica, au centre sud du Paraná, vise à développer la recherche génomique en réseau dans les domaines de la santé humaine, de l'élevage, de l'agriculture et de la sylviculture. Il intègre le gouvernement, les universités, les entreprises et la société civile pour contribuer à la médecine et à l'agriculture de précision ainsi qu'au développement scientifique et technologique de l'État du Paraná. Ce qui se joue au sein de ces écosystèmes d'innovation, c'est une intense circulation de flux d'informations, de connaissances, de cultures, de compétences et de décisions. C'est dans cette circulation de flux immatériels que l'interopérabilité se développe : elle participe d'une interconnaissance entre les acteurs de l'écosystème qui facilite par la suite les actions communes.

« Planter » des écosystèmes d'innovation

Au sein de chaque région, ces écosystèmes d'innovation se sont développés en cohérence avec l'histoire, le contexte social et l'économie locale. Autrement dit, il n'y a pas de recette magique, l'écosystème d'innovation est imbriqué dans une réalité spécifique et locale. Mais, en définitive, le plus important, ce n'est pas le lieu d'implantation, c'est sa capacité à centraliser et concentrer des ressources. Ainsi, au début, Genômica comptait 30 à 40 chercheurs, aujourd'hui, il rassemble 300 chercheurs du Paraná. Et ce qui centralise, c'est la volonté politique et la capacité à construire un cahier des charges qui mobilise l'ensemble des parties prenantes pour promouvoir la science, la technologie et l'innovation.

Cette volonté politique s'incarne dans la gouvernance des écosystèmes d'innovation, structurée de telle sorte qu'elle fluidifie la circulation des décisions verticalement et horizontalement. Il y a une gouvernance générale composée des secrétaires d'état, du recteur d'université, du président de la Fondation, et une gouvernance exécutive composée du directeur de l'écosystème d'innovation et de l'ensemble des techniciens.

« Faire pousser » les écosystèmes d'innovation

Dans la forêt tropicale, l'écosystème grandit et prospère grâce à l'eau, le sol, la température, etc. De la même façon, pour « faire pousser » un écosystème d'innovation, il faut agir sur l'ensemble des conditions qui favorisent le développement des connexions entre les acteurs : fournir des financements à des moments précis sur des sujets stratégiques, créer un environnement propice au développement des coopérations, fournir des lieux d'échanges et de travail en commun, etc. De manière très concrète, cela peut passer par l'aménagement et l'investissement dans un « habitat d'innovation » rassemblant dans un même espace des laboratoires de recherche, des pépinières d'entreprises, des accélérateurs pour l'accueil de prototypes et de pilotes, la fourniture de services d'accompagnement juridique et légal, etc.

Une interopérabilité à 4 hélices

Un écosystème d'innovation tire sa dynamique de développement et de croissance de la mise en mouvement d'une quadruple hélice composée de la recherche, du gouvernement, des entreprises et du troisième secteur (i.e. les associations, les ONG, la société civile organisée, etc.). Cette quadruple hélice ne fonctionne que s'il y a une interopérabilité forte entre ces 4 composantes. Dans l'état du Paraná, l'interopérabilité entre l'université et le gouvernement a été favorisée par une volonté politique forte de lier les universités au développement économique régional : la science, la recherche et l'innovation créent de la valeur économique et du bien-être social. Le plus difficile,

cela reste de rapprocher le monde de la recherche et celui de l'entreprise. Les logiques de chaque monde sont très différentes : la recherche est focalisée sur la production de haut niveau de connaissance à long terme, là où l'entreprise veut avoir accès à une technologie immédiate et à grande échelle. Mais les choses changent au Brésil : la recherche est de plus en plus appliquée, l'entreprise adapte son rythme de production aux technologies scientifiques. Encore faut-il faciliter, fluidifier cette interface. C'est là que les fondations, comme la Fondation Araucaria, ont un rôle à jouer, en finançant des actions à l'interface entre recherche et entreprise.

« Il faut toujours regarder
et aider les interfaces : on a
des domaines, des
contextes, des règles de
fonctionnement différents.
Mais on a besoin de
travailler ensemble. »

Résilience des écosystèmes d'innovation

A l'image des forêts tropicales, l'écosystème d'innovation, lorsqu'il a quelques années d'existence en vient à centraliser de plus en plus de compétences et à s'auto-réguler. Pour autant, certaines perturbations peuvent venir ébranler cette dynamique d'évolution. Les virages politiques de certains acteurs importants dans la gouvernance des écosystèmes d'innovation peuvent en effet en déséquilibrer momentanément le fonctionnement. Mais, en règle générale, ils finissent par retrouver leurs équilibres tout seuls.

La principale vulnérabilité de l'écosystème d'innovation, c'est le capital intellectuel. En effet, on l'a vu, le flux de connaissances, de compétences, d'expertises constitue le substrat essentiel de l'écosystème d'innovation. L'état du Paraná bénéficie d'un grand capital intellectuel. Mais la fuite de ce capital vers d'autres pays plus attractifs constitue une réelle préoccupation. Au Brésil, nous avons par exemple un déficit d'à peu près 400 000 programmeurs informatiques. Nous travaillons aujourd'hui à réduire ces déficits pour réduire la vulnérabilité de nos écosystèmes d'innovation.

CONCLUSION |

Dans cette note stratégique, nous nous étions donnés pour objectif d'identifier les **défis à relever en termes d'interopérabilité pour penser et mettre en œuvre la résilience des territoires transfrontaliers le long des corridors logistiques**. Notre parti-pris a été d'envisager l'interopérabilité depuis différents points de vue, teintés de ce contexte particulier de l'arrivée du projet de traversée biocéanique au cœur de l'Amérique Latine : celui de la logistique, celui de la recherche, celui de l'entomologie, celui de l'innovation, celui de la gestion de crise, celui de la gestion des connaissances, entre autres. Nous avons choisi de marquer ces différentes visions et pratiques de l'interopérabilité en faisant ressortir tantôt la question des **Modèles** et des **Concepts**, tantôt celle des **Espaces**, tantôt celle des **Objets**, tantôt celle des **Acteurs**. Mais nous pouvons facilement convenir que ce découpage reste bien artificiel tant ces différents éléments sont interreliés et interdépendants et tant la question de l'interopérabilité reste systémique.

L'ambition de cette note stratégique n'est pas tant de proposer une nouvelle définition de l'interopérabilité qui viendrait s'empiler sur de nombreuses définitions théoriques et opérationnelles qui ont toutes leurs légitimités et leurs pertinences dans leurs domaines d'application. Elle propose plutôt de réfléchir aux implications stratégiques et opérationnelles d'**une territorialisation de ce concept d'interopérabilité**. Car, à l'interface entre les modèles, les espaces, les objets et les acteurs, c'est bien le territoire qui se joue.

A l'instar de l'interopérabilité, le « territoire » bénéficie de multiples travaux de géographes qui ont permis de cerner la pluralité de sa définition et ses applications. Un consensus se forme autour d'une définition du territoire comme espace conscientisé ou réordonné reposant sur deux piliers : le matériel et l'idéal. Nous emprunterons à Moine (2006) le caractère systémique de sa définition. **Le territoire est un système complexe** qui articule trois sous-systèmes : **l'espace géographique** (dans ses dimensions naturelle, anthropisée, sociale et institutionnalisée), **le système des acteurs** et **le système des représentations** de l'espace géographique. Le territoire repose alors sur un équilibre dynamique d'interrelations au sein de ces sous-systèmes et entre eux.

Territorialiser le concept d'interopérabilité, c'est considérer que l'interopérabilité, dans ses différentes dimensions, est l'objet d'**appropriation par les acteurs locaux**, à travers leurs actions, leurs représentations, leurs échanges. Et cette appropriation participe d'un double mouvement :

- L'interopérabilité est travaillée, transformée, traduite pour se conformer et servir à un projet territorial ;
- Le territoire, et le projet de territoire sont, en retour, modifiés par cette appropriation de l'interopérabilité, dans leurs dimensions physique (création d'espaces d'interopérabilité), mais aussi organisationnelle (création d'une gouvernance interopérée) et identitaire (création de nouvelles valeurs).

La territorialisation de l'interopérabilité, en ce qu'elle est performative, qu'elle peut agir sur le territoire et son projet de développement, constitue donc **un levier potentiel pour la résilience des territoires**.

Parmi les territoires, et dans le contexte spécifique de ce projet de traversée biocéanique en Amérique Latine, il nous a semblé pertinent de nous pencher sur ces territoires particuliers que sont **les frontières**. La frontière est protéiforme : elle peut être bordure, borne, ligne de partage, limite, contour, marge, orée, seuil... **La frontière sépare autant qu'elle relie** : elle peut être considérée comme une ligne qui crée une discontinuité (c'est le cas du corridor logistique) ou une interface qui favorise les interactions et définit une identité (c'est alors le cas de la région trinationale). La frontière est ce lieu à la topographie particulière qui permet la concentration des flux de matières et de personnes, mais aussi des pratiques de transit, de trafic, de commerce, de contrôle.

Au-delà des frontières nationales, **les territoires sont traversés par de nombreuses frontières** qui sont autant de lieux d'interopérabilité intense : des **frontières administratives** entre des districts, des régions, des départements ; des **frontières paysagères** entre la mer et la terre, entre la plaine et la montagne ; des **frontières infrastructurelles et environnementales** avec la rupture de continuités écologiques ou l'interface entre différents écosystèmes ; des **frontières culturelles** à l'interface entre des terroirs, des communautés de vie, des quartiers ; des **frontières organisationnelles** créées par des découpages en termes de compétences, etc.

De nos jours, les délimitations géographiques et politiques sont ébranlées : les effets des changements climatiques ne s'arrêtent pas aux frontières administratives ; la mise en circularité des flux de matières, d'énergie et d'information transcende les contours nationaux ; les aspirations citoyennes en termes de gouvernance questionnent les échelles intra et internationales, etc. Dans ces processus d'effacement, de redéploiement, de reconfiguration, **les frontières témoignent des mutations territoriales** et sont le lieu d'invention de nouveaux rapports de force ou de nouvelles coopérations.

Les frontières, au sens large, sont au cœur des enjeux d'interopérabilité et cristallisent ainsi les enjeux de développement durable et de résilience. Pour conclure cette note stratégique, nous proposons ainsi de dresser une **liste de défis soulevés par la territorialisation de l'interopérabilité** qui nous invite à penser et mettre en œuvre la résilience des territoires transfrontaliers le long des corridors logistiques. Nous inscrivons ces défis en cohérence avec le programme de développement durable adopté par l'Assemblée Générale des Nations Unies en 2015. Autour de 17 objectifs de développement durable et de 169 cibles, il s'agit d'un plan d'action ambitieux pour :

- Les **Personnes**, en vue de faire en sorte que tous les êtres humains puissent réaliser leur potentiel dans des conditions de dignité et d'égalité
- La **Planète**, en vue de prendre la mesure de l'urgence des mesures pour lutter contre les changements climatiques et la dégradation de la biosphère,
- La **Prospérité**, en vue de faire en sorte que tous les êtres humains aient une vie prospère et épanouissante,
- La **Paix**, en vue de favoriser l'avènement de sociétés pacifiques, justes et inclusives,
- Les **Partenariats**, à l'échelle mondiale, dans un esprit de solidarité renforcé.

Des pistes pour l'action et des éléments de réflexion issus des rencontres avec les usagers de la notion d'interopérabilité, nous avons donc dégagé 5 dimensions d'interopérabilité en échos aux cinq piliers du développement durable. Chacune d'entre elles pointe sur un axe stratégique d'action pour contribuer à la résilience des territoires traversés par des corridors logistiques :

- Favoriser la montée en compétences et la mise en capacité par la création d'échanges entre les **Personnes**
- Faire de la préservation de la **Planète** un levier pour l'interopérabilité transfrontalière
- Créer de la richesse territoriale pour la **Prosperité** des territoires traversés
- Faire des corridors logistiques un levier diplomatique permettant de favoriser la **Paix** aux frontières
- Formaliser des **Partenariats** à l'échelle des corridors logistiques pour renforcer la robustesse des projets transnationaux

Dans la perspective d'augmenter la résilience des territoires traversés par les corridors logistiques transfrontaliers, il restera maintenant à décliner ces axes stratégiques en de nouveaux projets, de nouvelles organisations et de nouvelles actions et à en tester l'efficacité. Pour cela, une montée en compétences sur la notion d'interopérabilité devra être soutenue et accompagnée pour les acteurs institutionnels, académiques, économiques et plus globalement pour les habitants de ces régions. Incontestablement, la dynamique actuelle autour de la construction de la traversée biocéanique constitue un laboratoire idéal pour expérimenter. Nous espérons que cette note stratégique y contribuera humblement.



INTEROPERABILITE DE LA CONNAISSANCE ENTRE LES PERSONNES

Favoriser la montée en compétences et la mise en capacité par la création d'échanges entre les Personnes

L'interopérabilité de la connaissance permet de révéler les vecteurs de lien entre des personnes et des groupes qui partagent des enjeux communs (universitaires, gouvernementaux, commerciaux, écologiques ...). La mise en relation de ces communautés, la stimulation et le soutien d'échanges, conduit à un développement de compétences et renforce la capacité d'action.

Un exemple de mise en œuvre : La traversée biocéanique et la mise en lien des populations indigènes le long de l'axe Capricorne (communauté de vulnérabilité au changement climatique), groupes de recherche du NAPI Trinational



INTEROPERABILITE SOCIO-ECOLOGIQUE

Faire de la préservation de la Planète un levier pour l'interopérabilité transfrontalière

L'interopérabilité socio-écologique permet de maintenir les continuités écologiques, paysagères et humaines, y compris dans les territoires traversés par des frontières. Elle peut apporter une meilleure répartition des ressources, des services écosystémiques et des richesses et offrir une mobilité soutenable au plus grand nombre.

Un exemple de mise en œuvre : Le système national des Unités de conservation de la Nature (SNUC) au Brésil, qui produit et agit à partir de schémas nationaux stratégiques pour les zones protégées



INTEROPERABILITE ECONOMIQUE

Créer de la richesse territoriale pour la Prospérité des territoires traversés

L'interopérabilité économique permet de générer de la richesse jusqu'au plus fins ramages d'un réseau commercial. Au-delà des biens marchands et des clients qui y circulent, la mise en relation et en capacité d'échange de tous les nœuds du réseau, peut mettre en mouvement les compétences, les savoir-faire et les cultures qui enrichissent les territoires.

Un exemple de mise en œuvre : Le hub logistique en cours de construction à Foz do Iguaçu fluidifiera les échanges des marchandises, mais aussi des touristes et des habitants de la région trinationale. Un nouveau pont sur le fleuve Paraná et un nouveau périphérique concrétisent la volonté d'interopérabilité territoriale



INTEROPERABILITE DIPLOMATIQUE

Faire des corridors logistiques un levier diplomatique permettant de favoriser la Paix aux frontières

L'interopérabilité diplomatique permet de faciliter le dialogue intergouvernemental / interinstitutionnel, les négociations et la production d'accords (commerciaux, politiques, académiques...) nécessaires à la résolution des problèmes posés par les limites administratives et sécuritaires entre les pays.

Un exemple de mise en œuvre : Le Conseil de développement trinational (CODETRI), créé en 2018 dans la région tricontinentale entre l'Argentine, le Paraguay et le Brésil a pour principal objectif la coopération institutionnelle. CODETRI accompagne l'émergence du corridor biocéanique pour en multiplier les bénéfices et en atténuer les impacts dans la région tricontinentale.



INTEROPERABILITE DE GOUVERNANCE

Formaliser des Partenariats à l'échelle des corridors logistiques pour renforcer la robustesse des projets transnationaux

L'interopérabilité de gouvernance renvoie à des possibilités « d'alter – gouvernance » ou de gouvernance dédoublée. Lorsque les instances gouvernementales se grippent ou que les alternances politiques rendent inopérantes les voies diplomatiques classiques, d'autres niveaux ou d'autres familles de gouvernance plus stables et solides, comme les instances commerciales ou académiques peuvent, au moins en partie et temporairement, prendre le relais, à l'image de circuits de secours dans le monde informatique.

Un exemple de mise en œuvre : La chaire Araucaria pour le développement territorial soutenable propose une gouvernance académique transnationale pour anticiper les impacts et les bénéfices du corridor biocéanique et pour encourager la construction de la résilience des territoires qui seront traversés par ce nouveau canal d'échanges continental.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALIX, Y., MONTANTIN, M., & PAGE SANCHEZ, J.M., (sous la direction), Dinámicas portuarias en el Caribe y América Latina. Ports in transition to face global challenges. Collection Les Océanides de la Fondation SEFACIL. Editions EMS Caen, 2021.
- BARROS, PS y col. Corredor bioceánico de Mato Grosso do Sul al Pacífico: producción y comercio en la ruta de la integración sudamericana. Campo Grande: UEMS. Río de Janeiro: IPEA, 2020. BARROS, PS y col. El puente de Abunã y la integración de AMACRO al Pacífico - Nota técnica. Río de Janeiro: IPEA, 2021.
- BNDES. Corredor Ferroviario Bioceánico: Estudios técnicos del Eje Capricornio - Informe Consolidado. Río de Janeiro: Híbrido, 2011.
- CARPENTER, S., WALKER, B, ANDERIES, J. M., From metaphor to measurement : Resilience of what to what ? *Ecosystems*, 4 (8), 765-781, 2001)
- CHAPURLAT, V., DACLIN N.. Designing Natively Interoperable Complex Systems: An Interface Design Pattern Proposal. In BERNARD A. et VALLESPER, B.. Enterprise Interoperability : INTEROP-PGSO Vision, ISTE Editions, pp.43-66, 2017.
- COLAVITE, AP BARROS MVF Geoprocesamiento aplicado a los estudios de caminos de Peabiru. Revista ANPGE, 5, 86 - 105, 2009.
- DUDENHOEFFER D.D., PERMANN M.R. & MANIC M., CIMS: A framework for infrastructure interdependency modeling and analysis, in *Proceedings of the 2006 winter simulation conference*, IEEE, 478-485, 2006.
- GIANNOZZI, P., BARONI, S., BONINI, N., CALANDRA M., CAR, R, CAVAZZONI, C., CERESOLI, D., CHIAROTTI, G., COCCOCINI, M., DABO, I., QUANTUM ESPRESSO: a modular and open-source software project for quantum simulations of materials. *Journal of Physics Condensed Matter*, 21 (39), 2009.
- HADJUL, M., CUDZILO, M., One Common Framework for Information and Communication Systems in Transport and Logistics - case study In: GOLINSKA, P., FERTSCH, M., MARXGOMEZ, J., Information technologies in environmental engineering: new trends and challenges. 501-513, 2011.
- HARRIS, C.R., MILLMAN, K.J., VAN DER WALT, S.J. et al. Array programming with NumPy. *Nature* 585, 357–362, 2020.
- HELO, P., SZEKELY, B., Logistics information systems - An analysis of software solutions for supply chain co-ordination. *Industrial Management and Data Systems*. 105, 1-2, 5-18, 2005.
- IBERT, M., HALTER, D., On the way to a better interoperability in the Upper Rhine. *Integrated spatial and Transport Infrastructure Development*, 245-259.
- IRIZARRY, J., KARAN, EP, JALAEI, F., Integrating BIM and GIS to improve the visual monitoring of construction supply chain management. *Automation in Construction*. 31, 241-254, 2013.
- JUFFE, L. La résilience, de quoi, à quoi et pour quoi ? *Responsabilité et Environnement*, 72, 2013.
- LEVJAKANGAS, P., HAAJANEN, J., ALARUIKKA, A-M. Information service architecture for international multimodal logistic corridor. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 8 (4), 565-574.
- LHOMME S., LAGANIER, R. DIAB, Y. SERRE, D., L'importance de la redondance comme facteur de résilience des réseaux techniques. Contribution à l'élaboration d'un indicateur spatial de redondance. *Revue Internationale de Géomatique*, 23 (2), p.153-174, 2013.

MOURA, DA., BOTTER, RC., Green corridor to Brazil: Integrated logistics in maritime transportation. *Maritime Technology and Engineering* 1-2, 91-97. 2016.

NABIL T., « Les risques-réseaux : une matrice des défaillances des réseaux urbains interdépendants », *Belgeo*. 2022.

PEREIRA, LBV Acuerdo Mercosur-Unión Europea: nuevas reflexiones. Coyuntura de comercio exterior, pág. 60 - 65. IBRE - FGV, 2019.

RINALDI S.M., PEERENBOOM J.P. & KELLY T.K. « Identifying, understanding, and analyzing critical infrastructure interdependencies », *IEEE control systems magazine*, 21, 6,. 11-25, 2001.

SPINOSA, LM Nuevos acuerdos de investigación e innovación. Nota técnica de la Fundação Araucária, No. 01/2019.

SINKVICIUS, G., DAILYDKA, S., Railway transport in the conditions of globalization. The 8th International Scientific Conference "Business and Management 2014", 2015.

TOUILI, N. Les risques-réseaux : une matrice des défaillances des réseaux urbains interdépendants. *Belgeo*, 2022.

ZHAI, ZY., MARTINEZ, JF., BELTRAN, V., MARTINEZ, NL. Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*. 170, 105256, 2020.

ZIMMERMAN R. Decision-making and the vulnerability of interdependent critical infrastructure, in *2004 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (IEEE Cat. No. 04CH37583)*, vol. 5, IEEE, pp. 4059-4063, 2004.