

Cadre méthodologique de co-déploiement des systèmes physique et d'information : contexte de la gestion durable du transport dans les pays en voie de développement

JUSTIN MOSKOLAI NGOSSAHA^{1,2}, RAYMOND HOUE NGOUNA², BERNARD ARCHIMEDE²

¹ UNIVERSITE DE NGAOUNDERE, Faculté des Sciences UFD-MIAP
BP 454 Ngaoundéré, Cameroun
jmoskolai@univ-ndere.cm

² INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE TOULOUSE
Laboratoire Génie de Production de l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes
47, Avenue d'Azereix, BP 1629 F-65016 Tarbes Cedex, France
{justin.moskolai-ngossaha, raymond.houe-ngouna, bernard.archimede}@enit.fr

Résumé - L'expansion de l'activité industrielle conduit généralement à une attraction des populations vers les centres urbains et par voie de conséquence, à une augmentation des besoins de transport. Conjugué à la double croissance économique et démographique, ce phénomène déjà perceptible dans les grandes agglomérations des pays qui aspirent au développement ira en s'amplifiant. Si les modèles de transport (physiques et informationnels) appliqués dans les pays industrialisés permettent de maîtriser cette problématique tout en favorisant une amélioration continue, du fait de leurs spécificités (notamment socio-culturelles), les Pays en Voie de Développement (PEVD) sont confrontés à un dilemme : transposer directement les modèles existants ayant fait leur preuve (avec le risque d'une faible adéquation aux besoins locaux immédiats), ou bien développer de nouveaux modèles qui pourraient manquer de maturité. L'objectif du travail présenté dans ce papier est de proposer un cadre méthodologique de co-déploiement des systèmes physique et d'information (de transport) qui conjugue la maturité des modèles éprouvés et la forte adéquation d'une nouvelle approche. La finalité étant de mettre en œuvre un système d'aide à la décision sous forme de recommandations, basé sur le couplage entre la définition d'un système physique de transport et celle du système d'information approprié.

Abstract - The development of industrial activity generally leads to attract populations to the urban centers and consequently to increase needs in transportation. Combined with the economic and demographic growth, this phenomenon, which is already observable in large cities of the developing countries, will be increasing in the future. If transport models (physical and informational) applied in the industrial countries seem to be capable of tackling this issue along with a continuous improvement, due to their social and cultural specificities, the developing countries are facing a dilemma: directly transpose the existing models which have made their proof (with the risk of being not enough compliant with their local immediate needs), or defining new models without taking into account those of the successful implementations. The aim of this work is to propose a methodological framework for co-deploying both physical and information systems (of transport) including the maturity of the existing models with the suitability of a new approach. The final goal is to develop a decision support system in form of recommendations, coupling the definition of a physical transport system along with the corresponding appropriate information system.

Mots clés - Systèmes d'information, interopérabilité, écosystème de transport, développement durable, urbanisation, co-déploiement.

Keywords - Information system, interoperability, transport ecosystem, urbanization, sustainable development, co-deployment.

1 INTRODUCTION

Engager des transformations structurelles fortes, en empruntant une trajectoire industrielle basée sur le développement de la

production manufacturière et l'introduction des technologies modernes [Courlet et Judet, 1986], en particulier pour développer des secteurs industriels compétitifs, est un enjeu

central du développement. Une croissance forte et durable est en effet presque toujours liée à un processus d'industrialisation. La construction d'une base autonome de production, en tablant sur les effets d'entraînement de certaines activités industrielles est, à cet effet, un point de passage obligatoire, conduisant à la production des biens manufacturiers [Destanne, 1983]. Cependant, une expansion non maîtrisée de l'activité industrielle, dans le contexte actuel d'une économie mondialisée régie par des réglementations strictes, n'est pas envisageable : aussi bien du point de vue de sa performance globale sur le long terme (les générations futures pourraient en payer le lourd tribut), qu'à celui de la responsabilité sociétale des entreprises (en raison des impératifs sociaux et environnementaux). Le renouveau ainsi suggéré pose le postulat d'une introduction réussie tant des technologies modernes pour le développement de l'industrie que des technologies offrant de réelles perspectives pour coordonner les activités industrielles, à l'instar des technologies de l'information et de la communication. Dans une sphère industrielle qualifiée de post moderne ou de post industrielle, la création de la richesse est liée à la qualité de l'organisation de l'entreprise, à sa capacité à utiliser de nouveaux savoirs (du fait de l'évolution des processus métier) et à traiter une information pléthorique et diversifiée faisant ainsi place à une industrie dite de savoir et d'information [Lin, 2010].

Pour les pays qui aspirent au développement, il s'agit de relever le défi d'une transformation conjointe de leurs industries (mécanisation de l'agriculture, modernisation de l'outil de production, choix appropriés des technologies pour améliorer le bien-être, formation dans les technologies non maîtrisées, développement des infrastructures, etc.) et des outils pour faciliter la coordination des activités qui en découlent.

Dans la section suivante, une présentation du contexte considéré est décrite, mettant en lumière ses spécificités ainsi que la complexité des cadres de décision qui s'y réfèrent. Ce qui suggère la nécessité d'un outil support tel qu'un système d'information. L'exemple de la gestion du transport durable (qui est au cœur de toutes les trajectoires de développement) sera plus particulièrement présenté. Un état de l'art sur les systèmes de transport en général et les systèmes d'information associés sera à cet effet proposé dans la section 3, tandis que des modèles de transport de la littérature seront discutés, notamment en regard de leur aptitude à prendre en compte les spécificités du contexte étudié. Un cadre méthodologique de co-déploiement (d'un système de transport et du système d'information associé) sera finalement présenté à la section 4, suivi d'une conclusion ainsi que des perspectives de cette étude.

2 CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

Le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) définit le développement comme étant le fait d'«élargir l'éventail des possibilités offertes aux hommes». Dans la littérature économique, il existe plusieurs axes de développement parmi lesquels la trajectoire industrielle considérée dans notre cadre d'étude.

2.1 La trajectoire industrielle du développement

En s'inspirant des trajectoires réussies de développement (cas de la révolution industrielle en Europe au XIXe siècle), il se dégage que l'objectif général du développement économique et social d'un pays consiste pour sa population de passer d'une situation

de survie ou de précarité à une situation du mieux-être en tablant sur les effets d'entraînement de certaines activités industrielles. De telles activités conduisent à la production des « biens accumulables » au travers des flux physiques, des flux financiers et des flux d'information. Les systèmes sous-jacents à ces flux, sont généralement complexes : multiplicité d'acteurs et de décisions, doublée d'une interdépendance forte, etc. La trajectoire du développement considéré s'appuie sur la mécanisation de l'agriculture, la modernisation de l'outil de production, les choix appropriés des technologies, la formation des populations dans les technologies non maîtrisées, le développement des infrastructures, etc., pour améliorer la productivité. Il en résulte un accroissement des échanges d'où la nécessité de les restructurer en vue d'un meilleur cadre de vie des populations.

2.2 La place du transport dans la trajectoire industrielle

Toute activité de création de richesses exige de relever des défis mettant en jeu plusieurs facteurs interdépendants. Dans le cadre de ce travail, nous nous intéressons à trois principaux facteurs :

Le facteur agricole en vue d'atteindre l'autosuffisance et la sécurité alimentaire à travers une consommation industrielle et agricole, incluant une amélioration de la productivité via l'introduction des machines-outils dans la production agricole, le développement d'unités de maintenance des équipements agricole et des canaux de distributions afin d'écouler les récoltes vers les marchés ;

Le facteur industriel en vue de garantir l'amélioration de la productivité et du rendement agricole, à partir notamment de l'optimisation des facteurs de production (mécanisation), à travers la production des biens de consommation et d'équipement, et l'amélioration des infrastructures de transport;

Le facteur sociétal en vue d'une amélioration du cadre de vie à travers par exemple les possibilités de déplacement des personnes vers des centres industrialisés ou sanitaires, etc.

D'autres facteurs tout aussi importants non représentés dans la figure ci-dessous (*figure 1*) (pour des raisons de simplification) mériteraient d'être soulignés, à l'instar des facteurs d'amélioration de la santé, de la gouvernance ou de l'environnement.

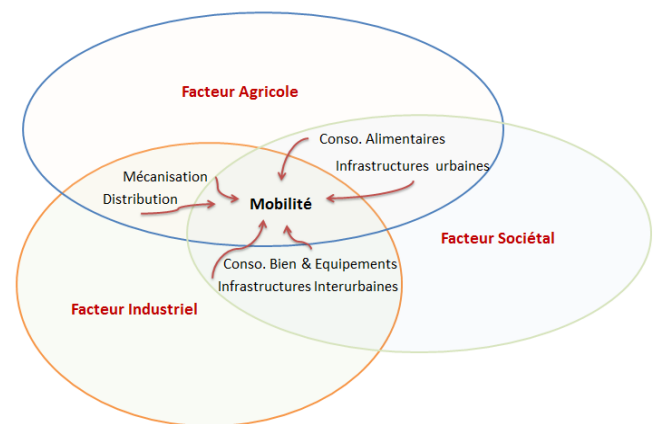


Figure 1 – Convergence de la trajectoire du développement vers le transport

Il en découle, de la trajectoire industrielle du développement considérée, une nécessité d'écoulement des surplus des récoltes agricoles vers les marchés ou les centres urbains, la mise en

œuvre des grands canaux de distribution des produits manufacturiers et des biens de consommations, des moyens de déplacement des personnes et ouvriers vers les industries et centres urbains, etc. Il est clair qu'un besoin de collaboration des différents acteurs en charge du transport est nécessaire en vue d'une meilleure organisation. Au vue de ce qui précède, les systèmes de transport pourraient postuler notamment à l'accomplissement de ces défis du fait qu'ils constituent le point de convergence des différents facteurs.

L'infrastructure des transports est un facteur clef de croissance économique et de développement et elle joue un rôle fondamental de facilitateur d'une mobilité accrue des personnes et des biens ainsi que de meilleures liaisons entre les des points différents. Longtemps perçue comme un outil d'accessibilité pour les échanges commerciaux et mondiaux dans un environnement international en pleine mutation, l'infrastructure de transport reste l'un des piliers du développement en vue de l'accélération de la croissance et de la réduction de la pauvreté [ONU, 2007].

2.3 Les systèmes de transport dans les PEVD

Dans le contexte des PEVD, les infrastructures de transports ont principalement été organisées pour faciliter le commerce international (exportation et importation). Aussi, ils accusent un retard considérable dans le développement des échanges régionaux, urbains et interurbains en raison notamment du manque de moyens de transport fiables et adéquats. Les principales infrastructures concernent le réseau routier et ferroviaire.

Selon le rapport de la Commission Economique pour l'Afrique (CEA), les pays africains seraient les plus mal outillés avec une densité routière de 6,84 km aux 100 km² et une densité ferroviaire de 3,1 km pour 1 000 km². Il est important de noter qu'à l'échelle du continent, une douzaine de pays ne dispose d'aucune voie ferrée.

En considérant, les indicateurs ci-dessous (tableau 1), les pays africains accusent un retard considérable en matière d'infrastructures de transport.

	Afrique	Amérique Latine	Asie	France	Japon	USA
Réseau Routier	6,4km/100km ²	12km/100km ²	18km/100km ²	177km/100km ²	311km/100km ²	69km/100km ²
Réseau Ferroviaire	3,16km/1000km ²	4,63km/1000km ²	8,81km/1000km ²	59,31km/1000km ²	72,5km/1000km ²	21,25km/1000km ²

Tableau 1 – densités de route et rail dans le monde

L'organisation du transport urbain est la plus part du temps quasiment inexistante. Pour compenser, ont émergé de manière anarchique des organisations non sécurisées difficilement contrôlables aujourd'hui par l'Etat. L'usage des engins à deux roues constitue le moyen de transport le plus populaire et le plus rapide pour les déplacements urbains. Chaque déplacement concerne au moins un passager avec possibilité de transporter aussi des bagages, peut s'effectuer sur de longues distances à l'issue de la négociation avec les clients. On note également une insuffisance de cadre de collaboration ou de concertation entre les différents acteurs (Etat, exploitants, usagers, etc.) du secteur du transport conduisant parfois à l'adoption des stratégies de développement inadaptées ou insuffisantes.

Les problèmes du transport dans les PEVD peuvent être mis en évidence par l'analyse d'un exemple de scénario (figure 2) de déplacement d'un ouvrier de son domicile (origine) situé d'une ville A pour son lieu de travail (destination) situé dans une ville B. Pour des raisons de simplification, ne sont représentés que les déplacements élémentaires de son parcours.

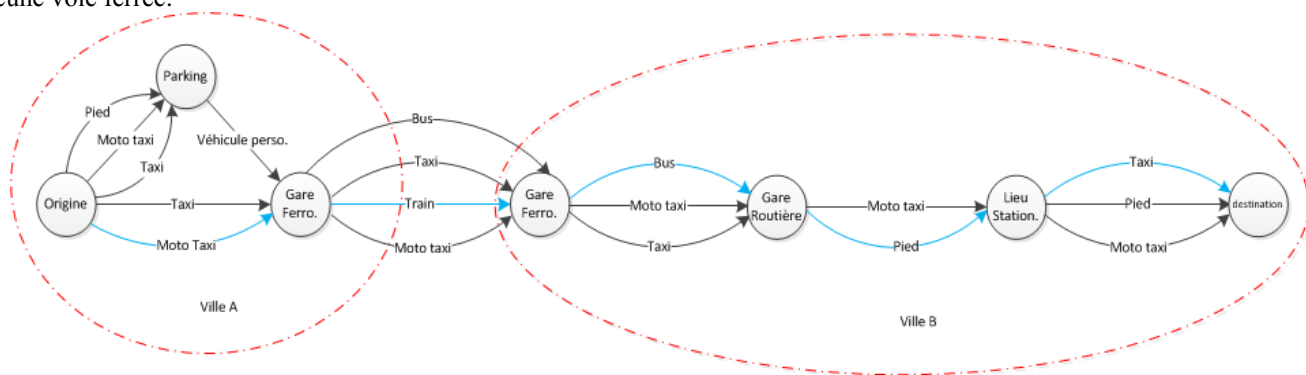


Figure 2 – Scénario d'utilisation du système de transport

L'ouvrier pour se rendre à la gare ferroviaire partant de son domicile emprunte la moto taxi (engins à deux roues). Pour la plupart des usagers disposant d'un véhicule personnel, ils sont obligés d'emprunter une moto taxi, un taxi ou même de marcher pour se rendre dans un parking pour récupérer leur véhicule car n'étant pas prévu autour des zones d'habitation. Arrivé à la gare ferroviaire, l'ouvrier se rend au guichet (ville A) et achète un titre de transport (coupon ou ticket sur lequel est marqué la date et nom de l'utilisateur) pour se rendre à la ville B. La validation du titre de transport se fait manuellement pendant le trajet par des contrôleurs dans le train.

Pour le même trajet il est possible d'emprunter les bus de transport en commun ou de négocier avec un taxi ou même une moto taxi mais pour un coût plus élevé. L'ouvrier pour continuer son voyage a la possibilité d'acheter des tickets de bus auprès des vendeurs ambulants dans le train ou de le faire directement auprès des agences au niveau de la gare. Arrivé à la gare ferroviaire de la ville B, l'ouvrier va se présenter au guichet de l'agence de voyage choisie afin de valider manuellement son ticket de bus et attendre la disponibilité des bus pour embarquer en direction de la gare routière. Une fois arrivé à la gare routière de la ville B, il va marcher jusqu'à un lieu de stationnement

(zone où l'on retrouve plusieurs points de stationnement) où il devra emprunter le plus souvent un taxi ou une moto-taxi pour le déposer à son lieu de travail (destination). Les transactions financières tout le long du déplacement se font essentiellement en espèce.

Au regard de ce scénario, les problématiques du système des transports dans les PEVD concernent :

- *L'accès et l'utilisation des services* qui sont caractérisés par des temps d'attente non estimés, l'incertitude du voyage, l'impossibilité de planification du trajet, les possibilités d'achat des titres de transport limitées, les méthodes de validation des titres de transport précaires, etc.

- *Les choix de mobilité réduits* à travers les diversifications intermodales, le manque de collaboration entre les différents opérateurs de transport, etc.

- *Le manque d'accompagnement* du voyageur caractérisé par le l'absence d'informations sur les itinéraires, les durées de voyage, d'assistance en cas de perte du titre de transport etc.

- *L'unique mode* de paiement alors que pourrait être exploité pour simplifier l'achat des titres de transport le fait que dans les PEVD, la très grande majorité des usagers du transport dispose d'un téléphone portable. L'utilisation massive de nouvelles technologies telles que les téléphones portables pour effectuer le paiement des factures d'eau et d'électricité.

Pour accompagner l'industrialisation pressante dans les PEVD, il y a urgence de structurer les systèmes de transport tant sur le plan informationnel, que physique et décisionnel tout en tenant compte des spécificités locales.

3 ETAT DE L'ART SUR LES SYSTEMES DE TRANSPORT

Un mode de transport désigne le moyen utilisé pour transporter un objet, un bien ou une personne d'un lieu à un autre. Pour la réalisation d'une opération de transport, plusieurs modes peuvent être mis ensemble. L'infrastructure des transports, facteur clef de croissance économique et de développement, jouant un rôle facilitateur de mobilité, évolue en lien avec la croissance démographique et l'urbanisation des villes. De nombreuses conséquences en résultent (augmentation accrue du nombre de véhicules, pollution de l'air et sonore, altération de la circulation sur les tronçons routiers, etc.), et conduisent les pays développés et les PEVD à s'investir davantage dans le développement d'un transport durable.

Le transport durable ou mobilité durable est l'expression du développement durable dans le secteur des transports. Selon le rapport de travail de la Conférence de Vancouver intitulée « *Vers des transports écologiquement viables* » qui a eu lieu en mars 1996, le transport durable a été défini comme étant un « *transport qui ne met pas en danger la santé publique ni les écosystèmes et comble les besoins de mobilité tout en respectant les principes selon lesquels a) les ressources renouvelables sont utilisées en quantités inférieures à leur taux de régénération et b) les ressources non renouvelables sont utilisées en quantités inférieures au taux de mise au point de substituts renouvelables* ». L'usage de ce concept suggère également l'optimisation de l'usage des modes de transport (de biens ou de personnes) isolément ou de manière conjointe.

3.1 Les systèmes physiques de transport

Les systèmes physiques de transport ou encore infrastructures de transport constituent l'ensemble des moyens utilisés ou mis en

œuvre pour réaliser les activités liées au transport. Le transport doit satisfaire une très large diversité de besoins (mobilité des biens et personnes). Lorsque plusieurs modes de transport concourent à la réalisation d'une tâche de transport, on parle de système multimodal. Il existe plusieurs moyens de transport : les moyens de transport individuels (la voiture, la motocyclette, le vélo, la marche à pieds, etc.), les moyens de transport en commun (le bus, le train, le taxi, le métro, etc.) et les moyens de transport de masse (le bateau, l'avion, etc.) qui utilisent différentes infrastructures telles que la route, l'air, la mer, le chemin de fer, etc.

Le transport multimodal est souvent utilisé de façon interchangeable avec des termes tels que intermodal, co-modal et le transport synchronodal. Mais il y a des différences subtiles entre ces termes; multimodal est considéré comme un mode de transport qui utilise au moins deux modes de transport différents; intermodal peut être considéré comme un type particulier de transport multimodal qui utilise la même unité de chargement, co-modale ajoute l'utilisation efficace des différents modes (d'utilisation des ressources) et synchronodal souligne l'aspect temps réel du transport [SteadieSeifi et al., 2014]; dans notre article, nous nous focalisons sur l'aspect multimodalité.

Dans le contexte des pays développés, le transport est devenu également un secteur économique de premier plan en Europe, puisqu'il représente 7 % du produit intérieur brut (PIB) et emploie 12 millions de personnes, y compris pour la production de véhicules et d'équipements [Union Européenne, 2012]. C'est ainsi que les pays émergents d'Europe et d'Asie se sont dotés aujourd'hui d'importantes infrastructures de transport (routes, voies ferrées, aéroports, etc.) et ont mis en œuvre des politiques adéquates telle que l'introduction des systèmes d'information. Au cours des dernières décennies, l'Union Européenne (UE) a enregistré une progression importante du transport des passagers et des marchandises. Grâce à des technologies innovantes et à une organisation plus efficace, le transport est devenu plus économe en ressources (durabilité), plus rapide, plus sûr, plus pratique et incluant plusieurs modes de transport. La politique européenne des transports a pour objectif premier de favoriser la mise en place d'un système permettant de soutenir le progrès économique européen, d'accroître la compétitivité et d'offrir des services de mobilité de haute qualité tout en assurant une utilisation plus efficace des ressources (projet CIVITAS, projet CityMobil, projet PREDIT, etc.).

Aussi, quelques travaux présentés ici témoignent de l'intérêt que suscitent professionnels et chercheurs en vue d'une amélioration des systèmes de transport. [Zhang et al., 2011], ont travaillé sur la modélisation des réseaux physiques de transport multimodal afin de minimiser les coûts et le temps de déplacement entre plusieurs points. En Allemagne, [Liu et Meng, 2009] ont mené des recherches approfondies pour étendre les réseaux de transport monomode (principalement du réseau routier) au multimodal en utilisant une approche de point de commutation. [Su et al., 2008], ont développé un système de planification de voyage multimodal pour le transport interurbain à Taïwan afin de résoudre les problèmes de pollution et de trafic. [Kumara et al., 2005], ont développé un système de transport multimodal pour la ville Hyderabad en Inde. Tous ces travaux traitent de l'aspect infrastructurel des systèmes de transport. Pour une meilleure prise de décision, et pour un meilleur enchaînement des différents modes de transport, des indicateurs sont nécessaires à travers des systèmes d'information de transport.

3.2 Les systèmes d'information de transport

Les systèmes d'information de transport permettent d'automatiser et de simplifier les échanges d'informations entre les acteurs du domaine des transports. L'activité de transport nécessite la manipulation de certaines informations telles que celles concernant le mode de transport (terrestre, aérien, maritime ou ferroviaire), les marchandises ou produits transportés (taille, poids, type, quantité, etc.), l'expéditeur et le récepteur, le temps et les dates d'envoi et de transit et les villes de départ et d'arrivée etc. L'automatisation des processus de traitement de ces informations dans le domaine du transport permet une meilleure prise de décision et produit les avantages tels que : l'optimisation des écosystèmes de transport, l'amélioration des revenus financiers, une meilleure coordination d'échange des informations et des biens, la possibilité de suivi et de monitoring à distance, l'utilisation rationnelle des ressources (engins, personnels, etc.), l'aménagement et développement urbain, etc. L'activité étant en perpétuelle mutation (changement de stratégies, amélioration des infrastructures technologiques et physiques, etc.), plusieurs travaux de recherches se sont également intéressés à ce domaine.

[Irina et al., 2015] ont passé en revue le programme Européen de développement à travers 33 projets initiés sur les TIC dans le domaine du transport multimodal afin d'améliorer la productivité de l'Etat. Dès lors que des systèmes d'information sont appelés à opérer ensemble, à interagir afin d'échanger des informations pour la réalisation d'un objectif commun, l'interopérabilité devient un point essentiel à traiter. Le travail réalisé par [Breuil et al., 2011] vise à l'identification des différentes dimensions à prendre en compte pour résoudre le problème d'interopérabilité des organisations de transport multimodal. L'amélioration de tout système et l'adoption des solutions d'optimisation passent par l'évaluation des performances. C'est ainsi que [Kumara et al., 2013] ont choisi la ville de New Delhi comme cas d'étude afin d'effectuer des recherches sur l'évaluation des performances des systèmes de transport multimodaux urbains. Afin de concevoir des systèmes d'information personnalisés répondant à la demande de l'utilisateur, [Petit-Roze et al., 2004] proposent une organisation multi-agents des systèmes d'information multimodaux dans le cadre du projet PREDIT. Aussi, [Jianwei et al., 2012] proposent un système d'information de transport de voyageurs pour un système de transport multimodal à grande échelle. La validation de ce travail de recherche s'est faite par les résultats d'une expérience de test dans la région d'Eindhoven aux Pays-Bas afin de faciliter les déplacements.

Dans les PEVD également, plusieurs projets de restructuration de système de transport ont été initiés parmi lesquels le projet multimodal de transport financé par la Banque mondiale au Cameroun signé en juillet 2014, le projet de mise en œuvre des infrastructures de transport urbain (métros, bus, voie réservée au passage des bus, etc.) visant à encourager l'usage des transports publics en Inde à l'horizon 2021, le projet développement du secteur ferroviaire du Vietnam à l'horizon 2020. On peut également citer le financement prononcé dans le développement des transports & TIC à la septième réunion de la Commission Européenne – Commission de l'union Africaine tenue le 22 avril 2015 à Bruxelles, le financement par la Banque Mondiale du projet d'informatisation du projet multimodal de la République Démocratique du Congo.

Au vue de ce qui précède, si dans les pays développés, les

problèmes liés à l'organisation du système de transport semblent trouver des solutions avec des systèmes dit de plus en plus « *performants* », la transposition directe de ces solutions n'est pas envisageable dans les PEVD sans la prise en considération des spécificités locales.

4 CADRE METHODOLOGIQUE DE CO-DEPLOIEMENT DES SYSTEMES PHYSIQUE ET D'INFORMATION DE TRANSPORT

Le scénario précédemment décrit permet de mettre en exergue dans les PEVD : l'absence de coordination et de collaboration entre les différents acteurs du secteur du transport (opérateurs de transport, autorités organisatrices du transport et usagers), l'absence de systèmes automatisés de gestion des services du transport et le manque d'infrastructures appropriés (parking publics autour des logements, aménagements des points d'arrêts et des lieux d'arrêts, etc.).

Pour une simplification des déplacements et par conséquent pour proposer de meilleures offres de transport aux usagers, il est nécessaire d'organiser conjointement la transformation progressive et continue des systèmes physiques de transport et d'information dans les PEVD sans pour autant faire table rase de l'existant. Pour y parvenir, nous proposons un schéma de principe et un cadre méthodologique de co-déploiement des systèmes physique et d'information de transport.

4.1 Schéma de principe

Le schéma de principe proposé inspiré du modèle conceptuel GRAI (méthode de modélisation et de conception des systèmes de décisions complexes) [Doumeings, 2000], peut être décomposé en trois grands systèmes : le système décisionnel, le système informationnel et le système physique de transport. Dans ce schéma, le système décisionnel s'appuie sur le système d'information pour piloter l'organisation et gérer le transport au sein d'un réseau d'organisations. Chaque décision prise par les centres de décisions quel que soit son niveau, par effet de propagation, agit sur le système d'information et par conséquent sur l'ensemble du système de transport.

La transformation continue du système de transport et du système d'information associé résulte des décisions prises dans le cadre des projets. Un projet peut être considéré comme un ensemble de tâches confiées à une équipe pour transformer tout ou une partie du système en vue d'atteindre des objectifs donnés. Ces transformations concernent aussi bien le système d'information à travers ses différentes vues (stratégique, métier, fonctionnelle, applicative et infrastructure) que le système physique de transport (urbanisation de la ville au sens classique). La démarche d'urbanisation des systèmes d'information telle que proposée par [Aubay, 2008] [Longépé, 2009] pourrait être transposée et ainsi s'appliquer à l'organisation de la transformation progressive du système impacté au sein d'une entreprise.

La démarche doit en outre permettre de trouver un équilibre entre les enjeux suivants :

- l'identification des changements nécessaires à la mise en œuvre de la stratégie de l'entreprise ou de l'organisme en prenant en compte les spécificités locales,
- la sauvegarde de la cohérence et l'amélioration de l'efficacité du système d'information, et

- la mise en place plus rapide d'un système de qualité tout en limitant les risques et les coûts liés à la communication entre les

différentes fonctions appliquées, à l'intégration des nouvelles technologies, des outils et des méthodes.

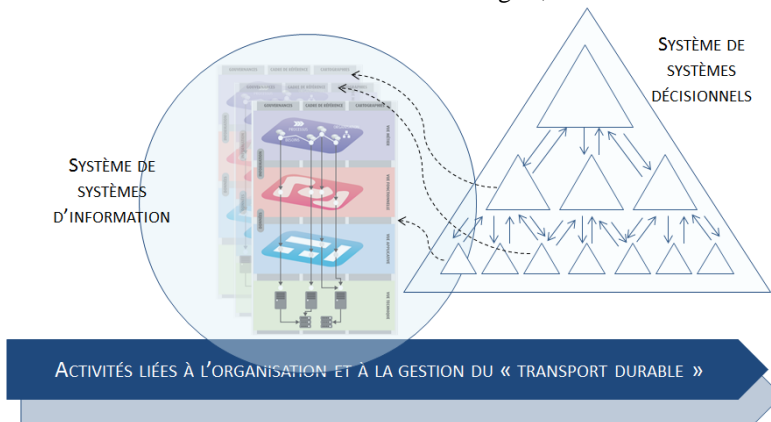


Figure 3 - Schéma de principe de co-déploiement étudié

Deux approches d'urbanisation des S.I peuvent être envisagées : une approche par les processus dite *top-down*, partant des stratégies d'urbanisation vers le déploiement technique, et une approche dite *bottom-up*, caractéristique de la transformation des innovations technologiques ou organisationnelles et autres changements, en opportunités. D'où la nécessité d'un cadre méthodologique de co-déploiement.

4.2 Cadre méthodologique de co-déploiement

Le cadre méthodologique préconisé dans le cas de cette étude (cf. Figure 5) est bâti selon une vision stratégique. Il devrait permettre une mise en œuvre progressive des systèmes d'information de transport conjointement à l'évolution des infrastructures physiques dans le cadre d'un réseau d'organisation de transport. Ce cadre méthodologique proposé permettra pour les PEVD :

- d'offrir de meilleurs services à travers l'usage plus efficace des TIC (services personnalisés et permettant l'accès à d'autres services, etc.), une meilleure productivité à travers une rationalisation des services;
- l'amélioration de l'efficacité des opérations gouvernementales à travers une vision plus innovante et stratégique (meilleure prise de décision) en tenant compte des spécificités locales;
- l'engagement participatif à travers une collaboration plus active de tous les acteurs (États, ministères, opérateurs du transport, partenaires et usagers) développe les connaissances, suscite des idées nouvelles et de la croissance, et propose au mieux les décisions et les solutions qui répondent aux besoins locaux.

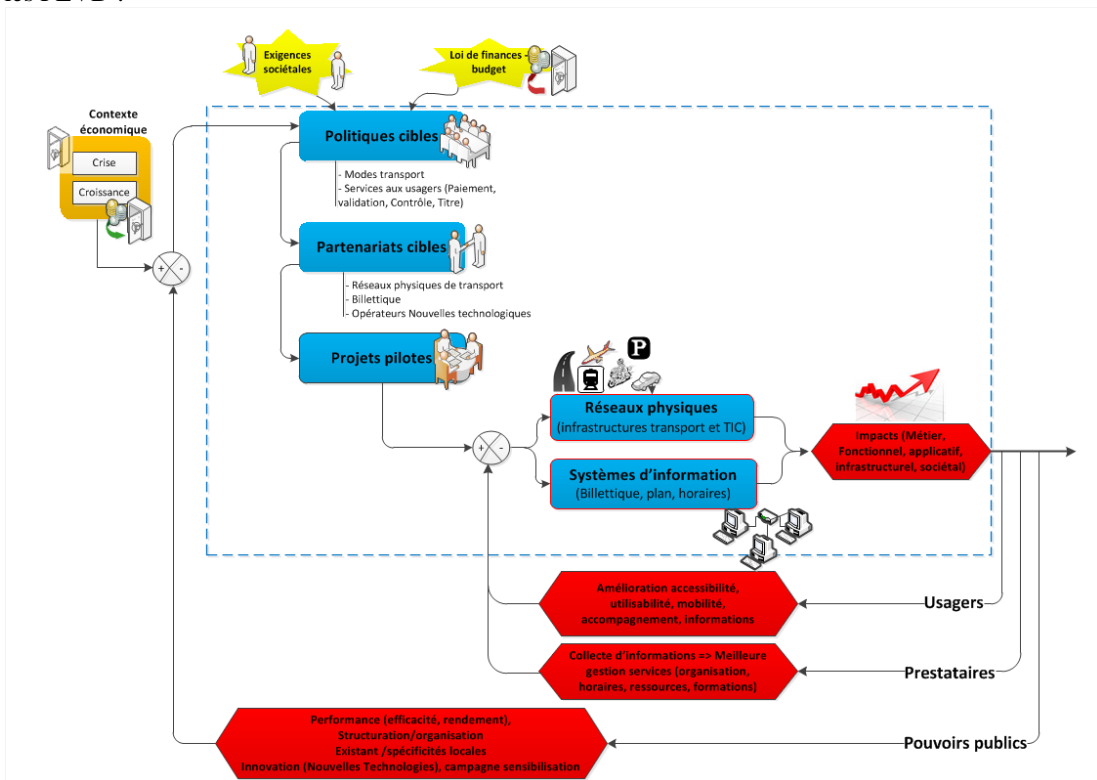


Figure 4 – Cadre méthodologique de co-déploiement

Le cadre méthodologique proposé suggère pour une amélioration de l'organisation du système de transport, une définition des politiques cibles par les pouvoirs publics conformément à la loi des finances et du budget de l'Etat et des exigences sociétales en spécifiant quels sont les modes de transport et les services (modes de paiements, système de validation et de contrôle des titres de transports, etc.) préconisés aux usagers. Cette première étape permettra ensuite aux pouvoirs publics d'identifier des partenariats cibles tels que les entreprises pouvant contribuer à la mise en œuvre, la maintenance et la fourniture des infrastructures du réseau physique de transport, des partenaires offrant des solutions d'automatisation des systèmes de gestion du transport notamment la billettique, et les opérateurs offrant des solutions supports dans le domaine des nouvelles technologies. La matérialisation des politiques et partenariats ciblés se fera à travers la mise en œuvre de projets pilotes concernant les réseaux physiques et les systèmes d'information de transport sur une échelle de temps bien définie. Ces projets seront évalués à travers leurs impacts (vues métier, fonctionnel, applicative et infrastructurel) à plusieurs niveaux (usagers, partenaires et pouvoirs publics). Au niveau des usagers ces évaluations permettront l'amélioration de l'accessibilité, de l'utilisabilité, de la mobilité, de leur accompagnement, etc., et au niveau des partenaires ils permettront la collecte d'information afin de fournir une meilleure gestion de services (organisation, planification, ressources, etc.). Les évaluations issues des usagers et des partenaires permettront ainsi de réviser les projets pilotes. En ce qui concerne les évaluations au niveau des pouvoirs publics, elles tiennent compte de l'amélioration des performances, de la structuration et de l'organisation des services, de l'adéquation entre l'existant et les spécificités locales et notamment de l'innovation à travers les nouvelles technologies. En fonction du contexte de l'Etat, qu'il soit en période de crise ou de croissance, ces évaluations permettront de réguler ou d'amplifier ses politiques cibles.

Un tel système permettra ainsi aux usagers une simplification des déplacements (achat simplifié des titres, facilité d'accès, diversité de choix), une plus grande incitation à l'utilisation des transports collectifs et à l'intermodalité, un meilleur accompagnement par les opérateurs de transport etc. Quant aux prestataires et opérateurs, il leur permettra de collecter des informations afin d'améliorer la connaissance de l'utilisation de leur réseau et de leur clientèle afin de mieux faire concorder l'offre à la demande et de mettre en place des programmes de fidélisation adaptés à chacun des usagers, d'améliorer l'intermodalité, garant d'une plus grande fluidité des transports, en mettant en place des systèmes plus élaborés et fiables, à améliorer l'accompagnement des usagers avant, pendant et après les déplacements tout en étant ouverts à de nouveaux services.

Le système d'information de transport seul n'est pas suffisant pour garantir une logistique performante, car cette dernière dépend aussi d'une organisation adéquate du système physique et décisionnel de transport. Même le système d'information le plus performant et le mieux conçu ne peut pas assurer la bonne performance d'une logistique mal organisée ou manquante de moyens de transport appropriés. Il existe une règle universelle qui dit que comme tous systèmes et procédures, le système d'information d'une entreprise n'est qu'un outil, et selon l'utilisateur il peut donner de bons ou de mauvais résultats [Keen, 1978]. L'expérience montre que de très bons systèmes ont

échoué à cause de leurs utilisations, et des systèmes moins ambitieux ont connu un grand succès parce qu'ils se sont bien intégrés au fonctionnement de l'entreprise. Dans le cas des PEVD, d'autres facteurs tels que les spécificités locales sont à prendre en compte.

La suite de ce travail consistera à mettre en œuvre un système d'aide à la décision sous forme de recommandations, basé sur le couplage entre processus de définition d'un système de transport et élaboration du système d'information associé. Les connaissances exploitées dans cette optique seront formulées sous formes de contraintes, tandis que les problèmes d'aide à la décision considérés seront exprimés à base de CSP – Constraint Satisfaction Problem [Aldanondo *et al.*, 2007] [Vairrelles *et al.*, 2012].

5 CONCLUSION

Ce papier montre l'intérêt du déploiement conjoint d'un système physique et d'information, dans l'optique d'une transformation progressive desdits systèmes qui favorise la préservation des acquis ainsi qu'une meilleure prise en compte des spécificités du cadre considéré. Le développement d'un système de transport durable dans le contexte de la trajectoire industrielle du développement des PEVD a été pris comme cas d'application. Après avoir mis en exergue, à partir d'un scénario représentatif de l'utilisation actuelle des systèmes de transport dans les PEVD, nous montrons comment (de façon conjointe), l'introduction des technologies nouvelles et le développement des réseaux alternatifs de transport multimodaux favorisent l'amélioration des services aux usagers tout en permettant aux organismes impliqués d'améliorer leur efficacité : facilitation du paiement, de la validation, du contrôle du titre de transport, horaires, itinéraires, points de stationnement plus adaptés, accompagnement des usagers garantis, etc., une méthodologie de ce co-déploiement a alors été proposée.

En perspective à ce travail, après la mise en œuvre d'un système d'aide à la décision basé sur une approche CSP, en vue de valider la méthodologie, une simulation d'un scénario réaliste sera également envisagée.

6 REFERENCES

- Aldanondo M. *et al.*, (2007). Product Development and Project Management: towards a Constraint Based Approach. In *International Conference on Industrial Engineering and Systems Management, IESM 07, Beijing, China, 2007*. Tsinghua University Press, ISBN: 978-7-89486-439-0.
- Aubay, (2008) Urbanisation & Architecture Orientée Service (SOA), Quelques bonnes pratiques pour leur mise en œuvre, *Livre Blanc*.
- Breuil D., *et al.*, (2011) Interopérabilité des organisations : Application pour une mobilité multimodale, *9^e Congrès International de Génie Industriel organisé par l'École Polytechnique de Montréal CIGI*.
- Communauté Economique des Etats de l'Afrique Centrale, (2007) vision stratégique de la CEEAC à l'horizon 2025.
- Courlet C., et Judet P., (1986) Industrialisation et développement : la crise des paradigmes, *Tiers-Monde*, Tome 27, n°107, pp. 519-536.
- Destanne de Bernis G., (1983) De l'existence de point de passages obligatoires pour une politique de développement,

- Doumeings G., Ducq, Vallespir B., et Kleinhans S., (2000) Production Management and Enterprise Modelling, Computers in Industry 42 (2-3) : pp. 245-263.
- IGIMO, (2011) Strategic Vision for the Australian Government's use of ICT.
- Irina H., Yingli W., Haiyang W., (2015) ICT in multimodal transport and technological trends: Unleashing potential for the future, *Int. J. Production Economics* 159: pp. 88–103.
- Jianwei Z., Arentze T. et Harry T., (2012) A Multimodal Transport Network Model for Advanced Traveler Information System, *Journal of Ubiquitous Systems & Pervasive Networks Volume 4*, No. 1: pp. 21-27.
- Keen, P. G., & Morton, M. S. S. (1978). Decision support systems: an organizational perspective (Vol. 35, pp. 19-30). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Kumara P., Manoranjan P. et Mansha S., (2005) Advanced traveller information system for hyderabad city, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 6(1), pp. 26-37.
- Kumara P. et al., (2013) Performance Evaluation of Multimodal Transportation Systems, *2nd Conference of Transportation Research Group of India (2nd CTRG)*, Volume 104: P. 795–804.
- Lin, J.Y., (2010) New Structural Economics: A Framework for Rethinking Development », Banque mondiale
- Liu L., et Meng L., (2009) Algorithms of multi-modal route planning based on the concept of switch point, *6th International Symposium on LBS & TeleCartography*, Nottingham, UK.
- Longépé C., (2009) Le projet d'urbanisation du SI : Cas concret d'architecture d'entreprise, DUNOD.
- ONU, Commission Economique pour l'Afrique, (2007) Situation des transports en Afrique, *5^{ème} session du Comité du commerce, de la coopération et de l'intégration régionales*, Addis-Abeba, Octobre.
- OCDE, Organisation de Coopération et de Développement Economiques, (1996) Vers des transports durables, Conférence de Vancouver du 24 au 27 mars.
- Petit-Roze C., et al., (2004) Système d'information transport personnalisée à base d'agents logiciels, *Revue Génie Logiciel* 70: pp. 29-38.
- Su J.M, Chih-Hung C. et Wen-Chi H., (2008) Development of trip planning systems on public transit in Taiwan, *IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, Hainan, China. Transportation Research Board Annual Meeting*, Washington D. C, P. 791 – 795
- StadieSeifi M., Dellaert N. et Woensel T. V., (2014) A multimodal network flow problem with product quality preservation, transshipment, and asset management, Technische Universiteit Eindhoven.
- Union Européenne, (2012) Portail pour la recherche et l'innovation dans le domaine des transports, *Communicating transport research and innovation*.
- Vaireilles E., et al. (2012) *Coupling system design and project planning: discussion on a bijective link between system and project structures*, 14th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing - INCOM'12, Bucharest, Romania; 05/2012.
- Zhang L. et al., (2011) Traveler Information Tool with Integrated Real-Time Transit Information and Multimodal Trip Planning: Design and Implementation, *Transportation Research Board Annual Meeting*, Washington D. C. pp. 1-10.