

Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat

CONVENTION DE SUBVENTION N° 09 MT CV 52



Groupe Opérationnel 4 du PREDIT

OpenFret : contribution à la conceptualisation et à la réalisation d'un hub rail-route de l'Internet Physique

AVRIL 2010

Eric Ballot, CGS, MINES ParisTech, Paris, France,
Rémy Glardon, LGGP, EPFL, Lausanne, Suisse
Benoit Montreuil, CIRRELT, Université Laval, Québec, Canada.

SYNTHESE DES TRAVAUX

Le projet OpenFret a étudié la question de la multimodalité (rail-route) pour le transport des marchandises par une mutation de l'organisation logistique dans son ensemble. Cette mutation a pour objectif de passer d'une logistique de marchandises largement fragmentée et dédiée à une logistique de conteneurs modulaires, durables, intelligents et routés dans un système de prestations logistiques universellement interconnectées : un Internet « Physique », en l'occurrence *Physical Internet* (PI).

OpenFret s'inscrit à la pointe d'une initiative de recherche internationale sur la logistique, les systèmes de transport, de manutention et de production, qui inclut actuellement des universités et des entreprises en Europe et en Amérique du Nord.

Cette initiative de l'Internet Physique est motivée par le caractère non durable de la logistique sous sa forme actuelle.

Problématique

Alors que nos économies modernes ont accru considérablement leur dépendance envers la logistique, son développement apparaît insoutenable au regard de nombreux faits. Donnons trois exemples¹.

- Une progression exponentielle des flux de marchandises avec une augmentation de l'ordre de 37% des t.km transportées à l'horizon 2025 par rapport à 2005, selon le rapport Fret 2030.
- Un impact environnemental majeur : le transport de marchandises est en passe de devenir l'un des principaux postes d'émission de CO₂ en France (14%) et il continue de croître de l'ordre +23% entre 1990 et 2006 alors que l'objectif global est une

diminution de l'ordre de 30% en 2020 et de 80% en 2050 selon les dernières décisions européennes ;

- Un report modal des marchandises en recul en France, du fait d'une divergence accrue entre l'offre de trains complets et les exigences de volume, de flexibilité, de productivité et de ponctualité des chargeurs.

Face à cette situation, les progrès technologiques (motorisation ou autres) ont été ou seront absorbés par la croissance des besoins. Il apparaît cependant une piste au niveau de l'organisation de la logistique. En effet, les prestations logistiques et de transport sont à la fois peu efficaces et utilisatrices de moyens relativement polluants : plus de camion que de train, des camionnettes, etc.

Nous postulons que la situation actuelle résulte du cadre dans lequel se sont organisées les prestations logistiques et qui nous semble devoir être dépassé.

Déroulement de l'étude

Le changement de paradigme proposé ici s'appuie sur l'idée que la logistique qui repose aujourd'hui sur des réseaux de prestations en général dédiés devrait être pensée comme un système de type Internet où les réseaux seraient interconnectés grâce à un cadre de fonctionnement commun facilitant le passage des interfaces.

Dans ce cadre les biens sont conteneurisés et, tels les « paquets » d'Internet, sont routés par leur adresse PI vers leur destination en utilisant les moyens de transport, de stockage et de manutention partagés les plus efficaces. Il s'agit donc en développant une suite de protocoles et de standards de conteneurs communicants de se diriger vers une organisation distribuée et ouverte. Le travail mené dans OpenFret a exploré les conséquences de ce changement d'organisation à deux niveaux, celui de la structuration des prestations logistiques : celui des réseaux et de l'organisation et celui d'un « routeur », ici un hub rail-route.

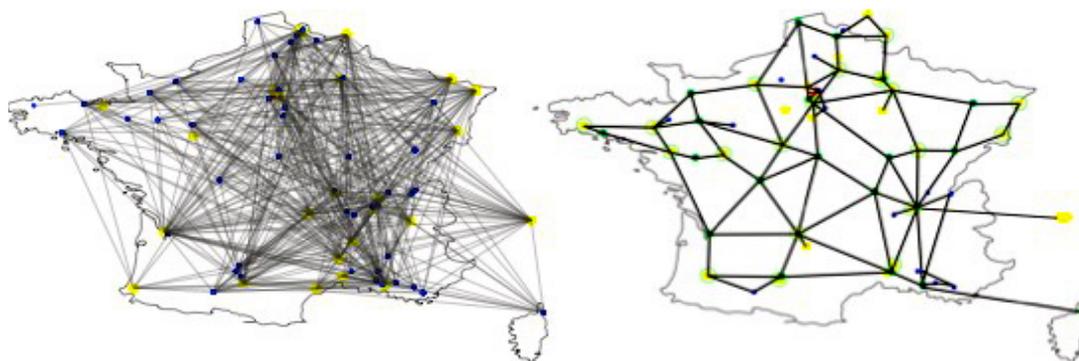
Devant l'ampleur potentielle de ce projet, celui-ci ne peut être qu'international. C'est pourquoi l'équipe de chercheurs d'OpenFret s'est constituée autour d'une équipe en France, en Suisse et au Canada et en lien avec *Physical Internet Initiative* où sont représentés les pays européens, les Etats-Unis et le Canada avec des ouvertures en cours vers l'Asie.

Résultats

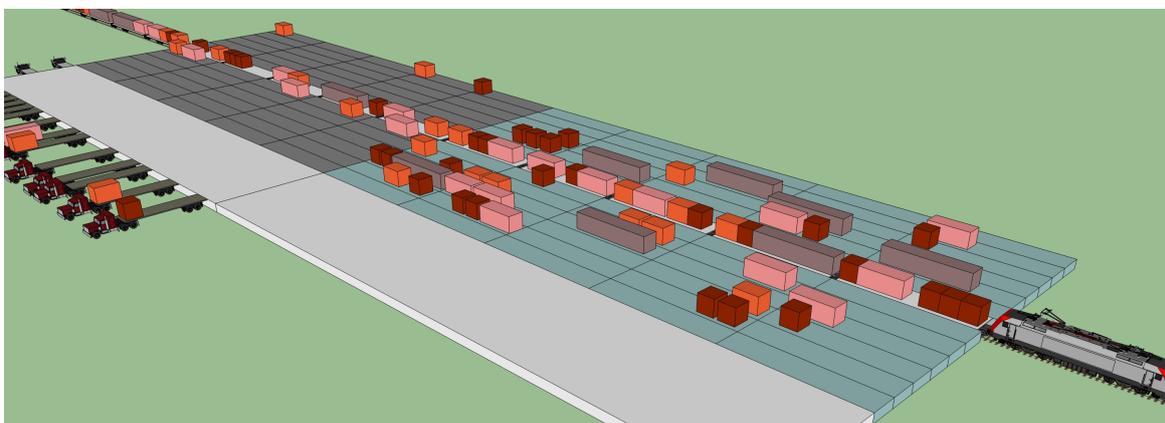
Le projet OpenFret a abouti à plusieurs résultats.

Un approfondissement du concept de l'Internet Physique et la définition de ses principaux constituants, notamment la structuration des transferts de données et de marchandises sous la forme d'un modèle structuré en couches (*Open Physical Systems Interconnection*, OPSI) fondé sur le modèle OSI.

L'analyse du passage à l'Internet Physique sur la topologie des réseaux de prestations logistiques et la nature des flux (concentration et diminution des t.km), par le passage de réseaux étoilés superposés au réseau maillé comme illustré par la figure suivante (hors flux internationaux).



La mise en œuvre d'une telle architecture nécessite des hubs multimodaux efficaces. Dans le cadre d'OpenFret, il a été proposé une architecture modulaire pour cet élément clé et la modélisation globale en 3D de son fonctionnement. Ce hub traite les rames de manière séquentielle avec une zone de déchargement suivie d'une zone de chargement et en distinguant un côté Rail-Route et un côté Rail-Rail (vers les rames suivantes) à l'arrière de la figure suivante.



Ce hub rail-route transfère une suite de conteneurs PI de section compatibles avec les conteneurs actuels. Les caractéristiques clés d'un tel hub ont ensuite été déterminées par un modèle analytique à partir d'hypothèses technologiques de temps opératoires entre 45s et 60s, de mix de PI conteneurs et de taux de déchargement. Les résultats s'expriment sous la forme d'un temps de traitement par rame compris entre 15 et 60 min, une longueur de hub (partie active) de l'ordre de 200m à 600m. La meilleure performance étant atteinte pour la solution la plus automatisée et la plus compacte avec plus de 10 000 mouvements de PI conteneurs possibles par jour.

Perspectives

Les perspectives de ce travail sont multiples et se déclinent aux niveaux français, européen et international. Au niveau français, une simulation des flux de grande consommation en France débute avec en complément des projets au niveau d'un hub. En parallèle, une opportunité de projet coordonné Amérique – Europe est explorée pour définir les standards, sans oublier le lien nécessaire à construire avec l'Asie.

Ces résultats ont commencé à être diffusés au niveau nationalⁱⁱ, dans des congrès internationauxⁱⁱⁱ, au niveau européen^{iv} et dans un séminaire dédié de la NSF tenu à GeorgiaTech (USA) en avril 2010.

Responsable de l'étude

Pr. Eric Ballot, Mines ParisTech
60, bd St-Michel 75272 Paris cedex 06
Courriel : eric.ballot@mines-paristech.fr / Tel. 01 40 51 90 97

Partenaires de l'étude

CIRRELT – Université LAVAL (Québec), CANADA — Pr Benoit Montreuil.
TRACE – Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), SUISSE — Pr. Rémy Gardon.

ⁱ Voir le *Physical Internet* Manifesto pour plus d'éléments à ce sujet et sur le concept <http://www.physicalinternetinitiative.org/>

ⁱⁱ Les Rencontres du GO4, Séminaire de valorisation de recherches sur le Transport Combiné Rail-Route, 20/12/2010.

ⁱⁱⁱ Congrès : INFORMS Annual Meeting 2010 in Austin (USA), IESM'11 in Metz (Fr).

^{iv} Greening Logistics - European Committee of Regions - December 6th, Brussels.