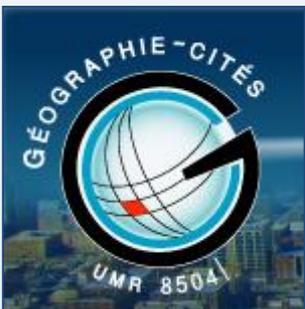




Taille urbaine et flux de transport :
l'ancrage urbain du réseau maritime mondial
(1950-1990)

César Ducruet, Sylvain Cuyala, Ali El Hosni,
Zuzanna Kosowska-Stamirowska



Le projet « World Seastems » (2013-2018)

Constats de départ :

- Transport maritime = 90% du commerce mondial (volumes) mais peu étudié comme réseau et de façon dynamique sur le temps long
- Existence d'une source unique mais inexploitée sur les flux de navires dans le monde depuis 1890 (*Lloyd's List*)

Le projet « World Seastems » (2013-2018)

Constats de départ :

- Transport maritime = 90% du commerce mondial (volumes) mais peu étudié comme réseau et de façon dynamique sur le temps long
- Existence d'une source unique mais inexploitée sur les flux de navires dans le monde depuis 1890 (*Lloyd's List*)

Trois axes principaux au projet :

1. Structure du réseau et son évolution
2. Observation de la régionalisation du monde : émergence de clusters régionaux

3. Mesure des interactions ville-port à l'échelle mondiale (1880-2010)

Mise en rapport des dynamiques de trafic maritime mondial avec la population urbaine des villes portuaires

→ questionner les interdépendances entre les dynamiques des villes et les réseaux de transport (notamment maritimes)

= objectif de notre présentation d'aujourd'hui !

Questions principales

- Comment villes et ports ont-ils co-évolué sur la période contemporaine ?
- La hiérarchie urbaine détermine-t-elle la répartition des flux maritimes dans le monde ?

Plan de la présentation

- Les relations ville-port en question
- Objectif et hypothèse
- Données et méthodologie
- Résultats principaux

Les relations ville-port en question

Une majorité d'études locales sur l'évolution des villes portuaires :

1. changement du paysage urbain, de la morphologie du port,
 2. interactions entre le port et la ville : études d'impact
 3. niveau intra-urbain, étude de projets spécifiques dans des lieux particuliers
- spécialistes de plusieurs horizons disciplinaires (aménagistes, architectes, sociologues...)

Les relations ville-port en question

Une majorité d'études locales sur l'évolution des villes portuaires :

1. changement du paysage urbain, de la morphologie du port,
 2. interactions entre le port et la ville : études d'impact
 3. niveau intra-urbain, étude de projets spécifiques dans des lieux particuliers
- spécialistes de plusieurs horizons disciplinaires (aménagistes, architectes, sociologues...)

Quelques travaux plus généraux depuis les années 1950 montrant :

Une déconnexion fonctionnelle et spatiale graduelle entre villes et ports ...

mise en lumière par des modèles spatiaux d'évolution :

- = modèle « Anyport » de James Bird (1963)
- = modèle de Brian Hoyle (1989), émergence des « placeless ports » (Norcliffe et al., 1996)
- = modèle de Rhoads Murphey (1989) : évolution vers un profil généraliste, diversification

Les relations ville-port en question

Une majorité d'études locales sur l'évolution des villes portuaires :

1. changement du paysage urbain, de la morphologie du port,
 2. interactions entre le port et la ville : études d'impact
 3. niveau intra-urbain, étude de projets spécifiques dans des lieux particuliers
- spécialistes de plusieurs horizons disciplinaires (aménagistes, architectes, sociologues...)

Quelques travaux plus généraux depuis les années 1950 montrant :

Une déconnexion fonctionnelle et spatiale graduelle entre villes et ports ...

mise en lumière par des modèles spatiaux d'évolution :

- = modèle « Anyport » de James Bird (1963)
- = modèle de Brian Hoyle (1989), émergence des « placeless ports » (Norcliffe et al., 1996)
- = modèle de Rhoads Murphey (1989) : évolution vers un profil généraliste, diversification

... confirmée par des travaux empiriques variés ...

- = absence de corrélation entre croissance urbaine et portuaire (Steck, 1995)
- = baisse de corrélation entre population et trafic (Kidwai, 1989 ; Ducruet et Lee, 2006)

Les relations ville-port en question

Une majorité d'études locales sur l'évolution des villes portuaires :

1. changement du paysage urbain, de la morphologie du port,
 2. interactions entre le port et la ville : études d'impact
 3. niveau intra-urbain, étude de projets spécifiques dans des lieux particuliers
- spécialistes de plusieurs horizons disciplinaires (aménagistes, architectes, sociologues...)

Quelques travaux plus généraux depuis les années 1950 montrant :

Une déconnexion fonctionnelle et spatiale graduelle entre villes et ports ...

mise en lumière par des modèles spatiaux d'évolution :

- = modèle « Anyport » de James Bird (1963)
- = modèle de Brian Hoyle (1989), émergence des « placeless ports » (Norcliffe et al., 1996)
- = modèle de Rhoads Murphey (1989) : évolution vers un profil généraliste, diversification

... confirmée par des travaux empiriques variés ...

- = absence de corrélation entre croissance urbaine et portuaire (Steck, 1995)
- = baisse de corrélation entre population et trafic (Kidwai, 1989 ; Ducruet et Lee, 2006)

... mais remise en question par des travaux plus récents :

- = permanence de la structuration des arrière-pays (Guerrero, 2010)
- = maintien de liens forts entre flux physiques, villes et régions (Hall et Hesse, 2012)
- = spécialisation des trafics portuaires en lien avec le tissu socio-économique local (Ducruet et Itoh, 2015)
- = externalités positives fournies par les villes aux ports (Hall et Jacobs, 2012)
- = retour du port dans la ville : London Gateway (R.-U.), Taipei (Taïwan), mégapole japonaise (El Hosni, 2015)

Principal objectif :

Pallier le manque de vue globale et dynamique sur les relations ville-port par une analyse combinée des données de trafic maritime et de population urbaine et par une approche réticulaire (cf. autres réseaux de transport)

Hypothèse générale :

Le lien initial fort entre flux maritimes et développement urbain a graduellement décliné.

Quelques raisons :

- **manque d'espace** pour l'expansion portuaire dans les grandes villes
- émergence de ports et terminaux dans des localisations hors villes en **eau profonde**
- concentration du trafic maritime dans de grands ports de transit **spécialisés**
- **diversification** des villes et **tertiarisation** de l'économie urbaine

Quelles données ?

Pour étudier l'évolution des flux maritimes :

- Le corpus de *Lloyd's List* : les mouvements de navire quotidiens à travers le monde (1890-2008)
 - Compagnie Lloyd's = 1^{er} assureur maritime mondial, 80% de la flotte mondiale
 - Enregistrement des départs et arrivées de bateaux de l'ensemble des ports du monde (près de 10 000) depuis le 19^{ème} siècle

Pour étudier l'évolution de la taille des villes et de la hiérarchie urbaine :

- Base de données *Géopolis* : nombre d'habitants des agglomérations mondiales de + de 100 000 hab. de 1950 à 1990 (Moriconi-Ebrard, 1994)
- Base de données *Population Statistics* : nombre d'habitants d'un grand nombre de localités et agglomérations à travers le monde de 1850 à 2005 (Lahmeyer, 2006)

Quelle méthodologie ?

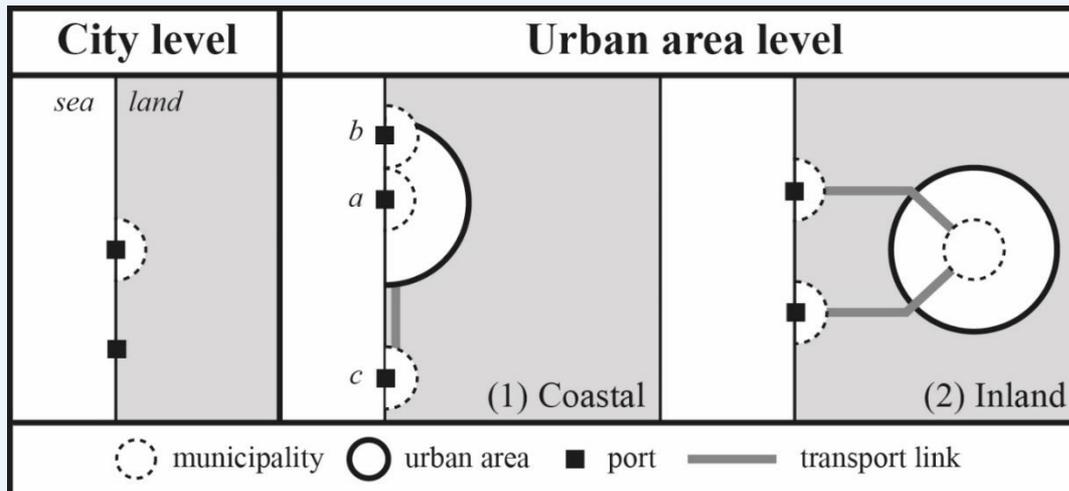
Quatre étapes :

- 1) Associer chaque port ou terminal (Lloyd's) avec le centre urbain le plus proche (localité ou aire urbaine) en prenant en compte le schéma d'urbanisation, la proximité physique, l'accessibilité routière, et l'organisation du système urbain.

Deux niveaux :

1. niveau de la localité (municipalité incluant le port, la plus petite maille administrative),
2. niveau de l'agglomération

→ 3 modèles d'attribution d'un port à une ville



- 2) Vérifier si la localité ou l'agglomération sont présentes dans Geopolis et Populstat

- 3) Joindre les données !

- 4) Analyser les données de différentes manières :

Relations statistiques, structure de graphes, centralité de réseau...

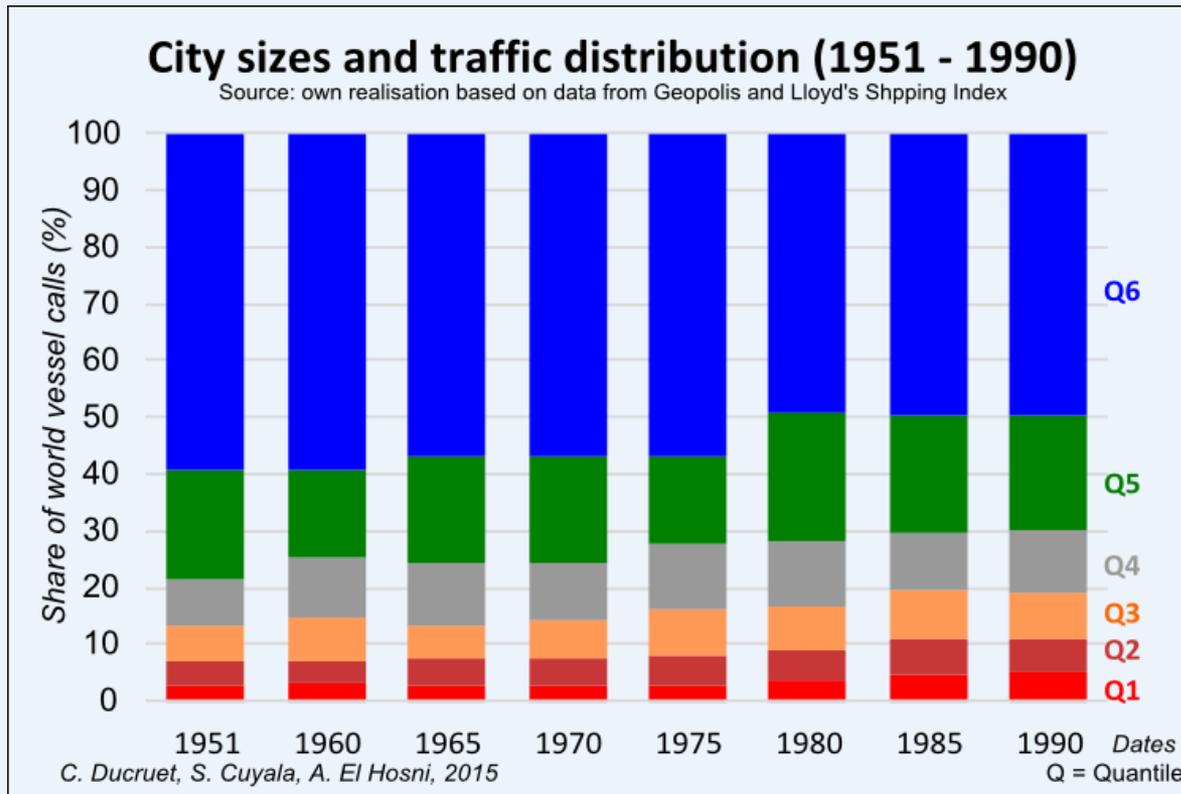
Résultats (1950-1990)

Caractéristiques de la base de données, 1950-1990 (Lloyd's + Géopolis, sans Populstats)

		1951	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990
	Agglomérations	442	490	498	498	511	523	550	547
Part mondiale (%)	Ports	50.9	42.5	46.8	51.7	54.6	57.1	59.3	62.8
	Population urbaine	52.9	51.5	50.9	50.4	48.5	47.1	46.8	46.7
	Escales de navires	81.9	81.3	82.2	82.5	81.4	80.6	78.1	78.1
Population moyenne (000s hab.)	Agglo. portuaires	418	538	616	687	765	847	932	1014
	Agglo. non-portuaires	141	167	189	221	251	297	340	382

- Concentration d'une part significative de la population et des ports mondiaux (500 agglomérations)
- Accroissement de la part des ports comprise dans la base (de 51 à 63%) mais diminution de celle de la population urbaine (de 53 à 47%) et d'escales de navires (de 82 à 78%)
→ dû à l'exclusion des villes plus petites par Géopolis alors que leur rôle dans le réseau maritime est de plus en plus important dans les dernières décennies (= importance de Populstats)
- **Fait le plus important** : 80% des flux maritimes dans les agglomérations
- Les agglomérations portuaires = 3 fois plus peuplées que les autres !

Taille de ville et distribution des flux, 1950-1990 : Changement de corrélation (1/2)



Méthodologie: Q6 = villes les plus peuplées, Q1 = villes les moins peuplées
(discretisation statistique par quantiles)

- Distribution hiérarchique du trafic maritime : augmentation de la part mondiale des escales de navires avec la population
- Stabilité relative de la distribution entre les 6 classes sur l'ensemble de la période avec domination de la classe des plus grandes villes
- **MAIS** : diminution de 10% du trafic maritime en Q6 et gain de 2% dans chacune des autres classes
→ Évolution expliquée par la diminution de la concentration du trafic maritime des grandes villes vers les plus petites (illustré par l'indice de Gini : de 0.72 (1951) à 0.6 (1990))

Taille de ville et distribution des flux, 1950-1990 : Changement de corrélation (2/2)

		1951	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990
Corrélation (Pearson)	Agglomérations côtières	0,521	0,485	0,404	0,408	0,326	0,315	0,338	0,288
	Agglomérations côtières et intérieures	0,559	0,581	0,535	0,572	0,511	0,467	0,498	0,437

Diminution (quasi-)linéaire de la corrélation entre trafic et population = principale hypothèse validée !

MAIS : coefficient de corrélation pour les aggro. côtières toujours plus bas que dans le cas incluant les aggro. non-portuaires (i.e. villes distantes de la mer, servies par le port : effet de l'interland)

= En dépit de la distance routière entre la ville et le port, rôle important des villes intérieures dans la corrélation ! → validation de l'intérêt de notre méthodologie

Diminution du coef. de corr. des aggro côtières et intérieures de seulement 0,1 alors que baisse de 50% pour le coef. de corrélation des aggro. côtières.

City sizes and networks measures (1951 - 1990)

Source: own realisation based on data from Geopolis and Lloyd's Shpping Index



C. Ducruet, S. Cuyala, A. El Hosni, 2015

Q = Quantile

Diminution du coefficient de clustering moyen pour toutes les villes

= Évolution générale du réseau vers une structure en étoile ou en hub (*hub-and-spoke*)

Toujours le score le plus bas pour les plus grandes villes

= des hubs pour les multiples petites villes mal connectées

Augmentation du coefficient moyen de clustering de la classe des villes les plus peuplées vers la classe des villes les moins peuplées

= plus les villes sont petites, moins leur capacité à centraliser les flux maritimes est forte

Coefficient de clustering moyen : proportion de voisins connectés dans le total des connections possibles entre eux

Taille de villes et mesures de réseau, 1950-1990

		1951	1960	1970	1980	1990
Corrélation	Degrés	0,462	0,521	0,469	0,465	0,423
	Betweenness centrality*	0,507	0,494	0,449	0,452	0,344
	Excentricité*	0,312	0,356	0,325	0,312	0,232
	Clustering coefficient*	-0,231	-0,251	-0,255	-0,202	-0,21
Rich-club coefficient		5,597	5,959	5,166	4,974	4,843

Définition des indices

Degrés : nombre de voisins connectés

Betweenness centrality : nombre d'occurrences sur les plus courts chemins du graphe

Excentricité : éloignement moyen à tous les sommets du graphe

Rich-club coefficient : division de la densité du lien (ou l'exhaustivité) parmi les grandes villes par la densité des liens entre toutes les villes

1) Avec un indicateur élémentaire de connectivité (degrés), relative stabilité de la corrélation entre la taille démographique et la connectivité du réseau maritime

MAIS : diminution de la corrélation observée avec des indicateurs globaux comme la *betweenness centrality* et l'*eccentricity*

DONC : diminution globale de la corrélation entre les flux maritimes mondiaux et la population urbaine (spécialement depuis 1960)

= principale hypothèse de nouveau validée !

2) La capacité des nœuds à être des hubs est plus forte pour les plus grandes villes (score négatif du coefficient de clustering)

3) Les plus grandes villes sont 5 fois mieux connectées entre elles qu'avec les autres (Rich-club coefficient)

Flux maritimes et homophilie urbaine, 1950-1990 (1/2)

	Quantiles	1951	1960	1970	1980	1990
Intra-classes (%)	6	67.5	63.8	50.3	44.4	45.3
	5	15.2	13.5	16.9	20.4	17.5
	4	11.9	12.5	12.6	11.0	12.3
	3	5.0	9.1	6.0	7.7	8.7
	2	3.8	3.5	3.1	4.5	5.8
	1	2.2	4.5	2.9	3.3	5.5
	Tous	48.0	43.9	39.0	34.7	37.8
Inter-classes (%)	Opposés (1/6)	0.9	7.6	10.1	12.5	13.8
	Adjacent	22.5	19.7	21.4	22.1	20.6
	Toutes	52.0	56.1	61.0	65.3	62.2

Point méthodologique :

Analyse des liens prioritaires = une méthode utile pour comprendre l'influence des hiérarchies urbaines sur la distribution des flux maritimes

1. Globalement, diminution des flux intra-classes (de 48 à 38%)
2. Augmentation des connexions entre les villes démographiquement opposées (de 1 à 14%)
3. Connexion majoritaire des plus grandes villes entre elles (5 et 6 = de 83% en 1951 à 63% en 1990)

1+2+3 = Augmentation de la centralisation des flux du réseau, surtout autour des plus grandes villes (davantage connectées aux plus petites)

Flux maritimes et homophilie urbaine, 1950-1990 (2/2)

Assortativité villes/flux

Poids urbain	Population (brute)		Population (logarithme)	
	sans	avec	sans	avec
1951	-0.0297	0.0406	-0.0183	0.0974
<i>Prob.</i>	0.0053	9.98E-10	0.0865	5.88E-49
1960	-0.0425	0.0029	-0.0420	0.0773
<i>Prob.</i>	5.18E-06	0.6119	6.50E-06	7.39E-40
1970	-0.0278	0.0414	-0.0274	0.0814
<i>Prob.</i>	0.0011	4.35E-14	0.0013	8.36E-50
1980	-0.0126	0.1024	-0.0108	0.1394
<i>Prob.</i>	0.1601	4.57E-65	0.2310	1.81E-119
1990	-0.0117	0.1177	0.0041	0.2032
<i>Prob.</i>	0.1587	9.08E-111	0.6215	0.0

Quelle est la corrélation entre la taille démographique des villes connectées deux à deux dans le réseau maritime ?

Point méthodologique :

1. Indice d'assortativité compris entre -1 et 1 :

si IA = -1 → corrélation négative,

si IA = 0 → pas de corrélation,

si IA = 1 → corrélation positive (homophilie)

2. Nécessité de pondérer les liens (prise en compte du volume d'escales par couple de villes)

3. Meilleurs résultats avec population en logarithme (tendance plus nette, plus affirmée)

Tendances observées

Début période : aucune corrélation (proche 0), puis : augmentation dans les valeurs positives

= confirmation de l'effet « rich-club » (villes de même taille plus connectées que villes de taille différente)

Taille de ville et flux majeurs

Point méthodologique

- Méthode des flux majeurs (simplification du graphe) : pour révéler quel nœud (ville) centralise les flux (maritimes) dans un graphe en arbre et les sous-systèmes qui composent le réseau
- Liens dessinés basés sur le ***nodal region algorithm*** (Nystuen et Dacey, 1961)
= seulement le lien du flux le plus fort de chaque nœud pris dans le graphe
- Utilisation de la population de l'agglomération (métrique de référence pour cartographier les nœuds) et régions positionnées en utilisant un algorithme de visualisation Gem-Frick dans le logiciel TULIP

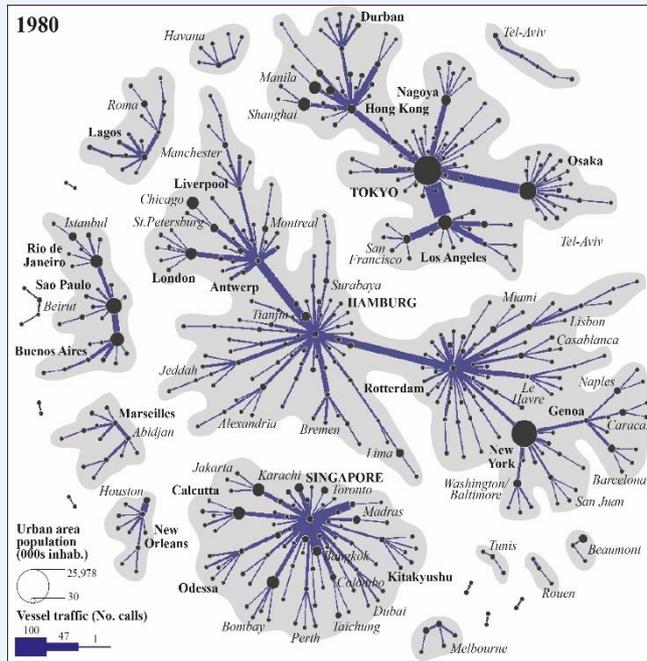
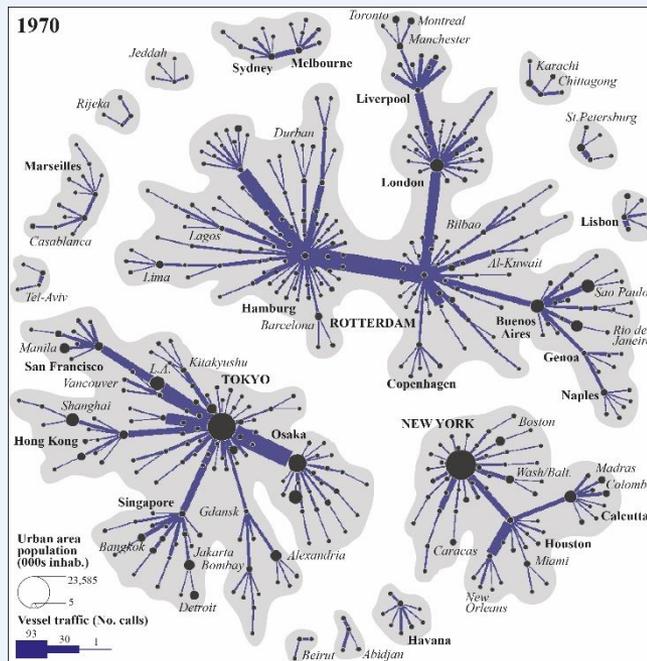
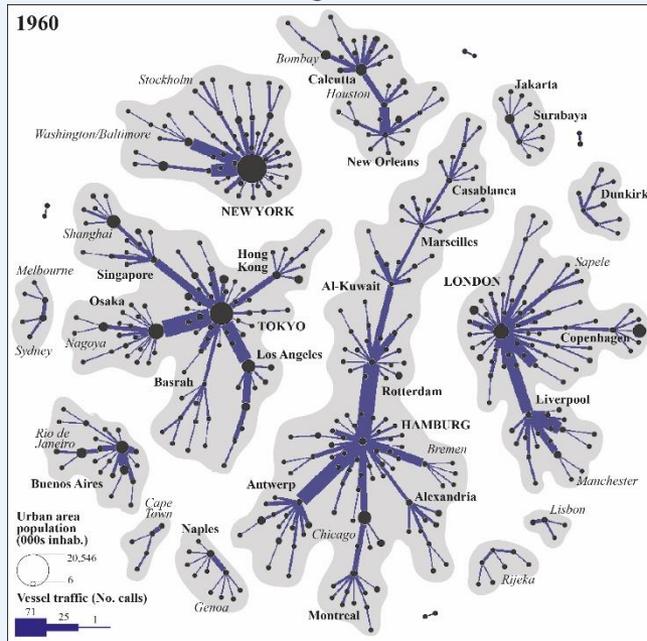
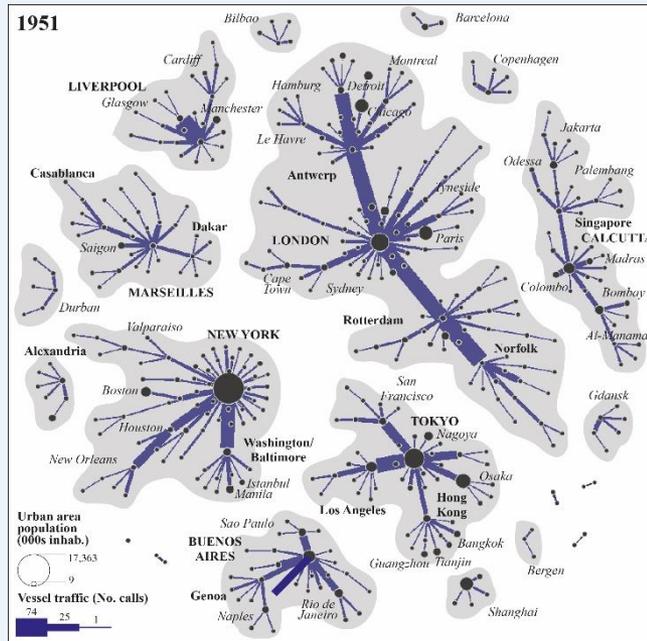
Résultats 1

Diminution du nombre de grandes composantes connexes du réseau maritime mondial

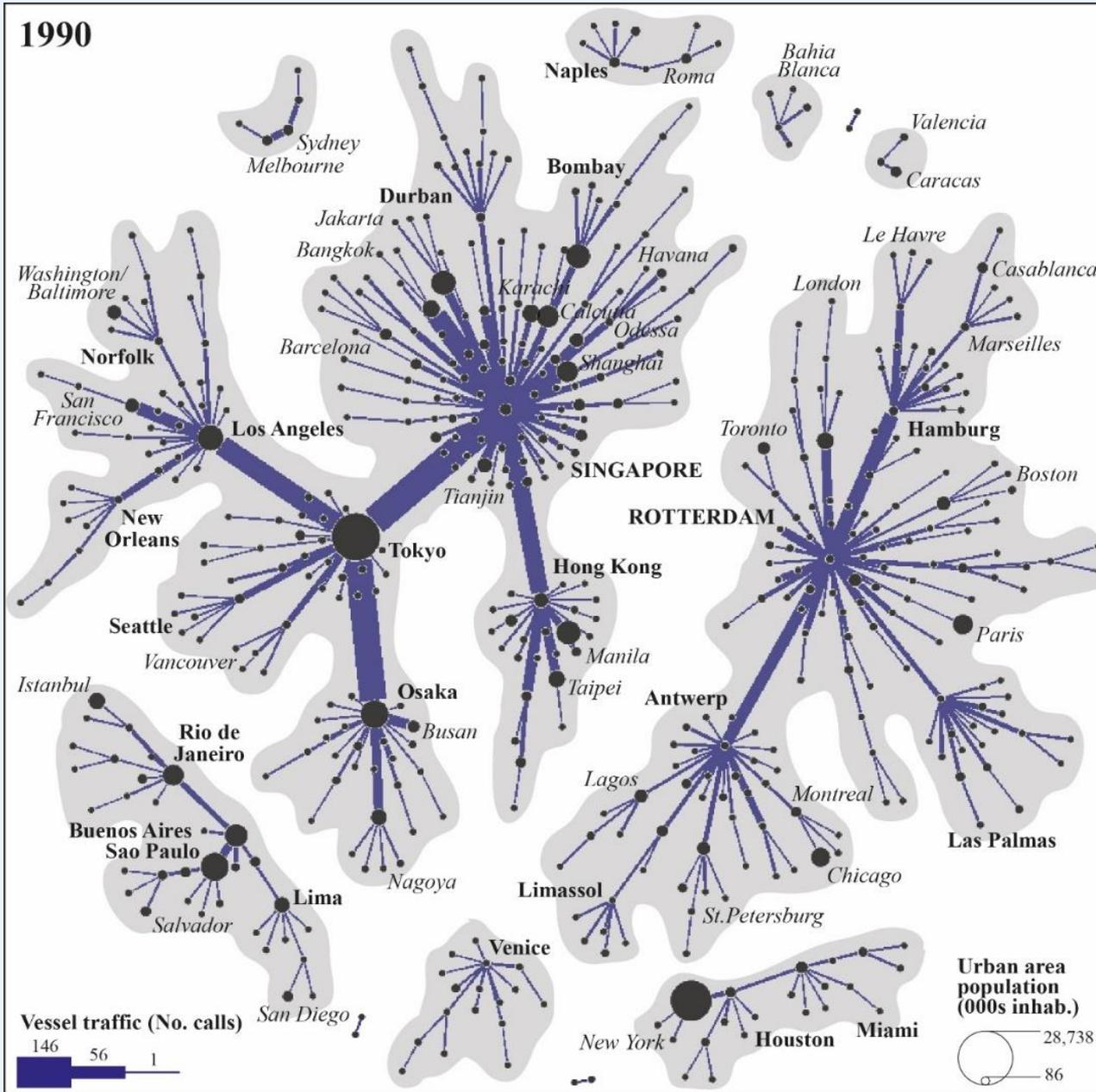
= de 7 en 1951 à 2 en 1990

→ Croissance de l'intégration du commerce mondial et centralisation du réseau maritime mondial autour de moins de hubs

Taille de ville et flux majeurs



Taille de ville et flux majeurs



Taille de ville et flux majeurs

Résultats 2

Changement de la dimension géographique des composantes connexes du réseau à travers le **renforcement d'une régionalisation des flux maritimes**

→ Diminution de la domination des hubs de ces composantes vers des villes portuaires proches géographiquement

→ Glissement d'un système colonial, de type centre-périphérie, à un système plus polycentrique basé sur une distribution intra régionale des flux

→ Grandes villes moins centrales en 1990 qu'en 1950, même si la plupart des hubs concerne des villes certes plus petites mais millionnaires (Anvers, Rotterdam, Hong Kong, Singapour), à l'exception de Tokyo (plus grande ville du monde / pivot central)

Perspectives

1. Élargissement de l'analyse :

- Prolongement de la période d'analyse avec l'exploitation de la base de données Populstats (1850 – 2010)
- Intégration du réseau routier mondial

2. Application du modèle gravitaire à l'interaction entre villes portuaires : données de flux maritimes enfin disponibles !

Merci de votre attention !

cdu@parisgeo.cnrs.fr

sylvain.cuyala@gmail.com

www.world-seastems.cnrs.fr

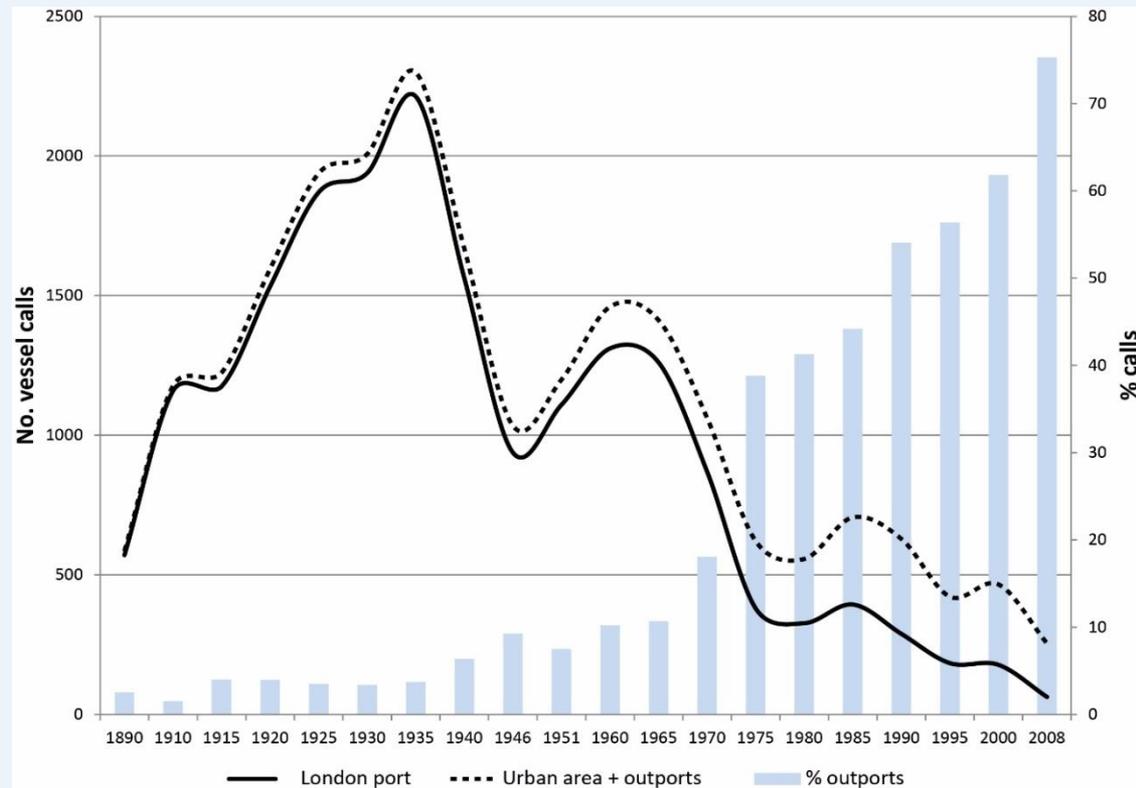
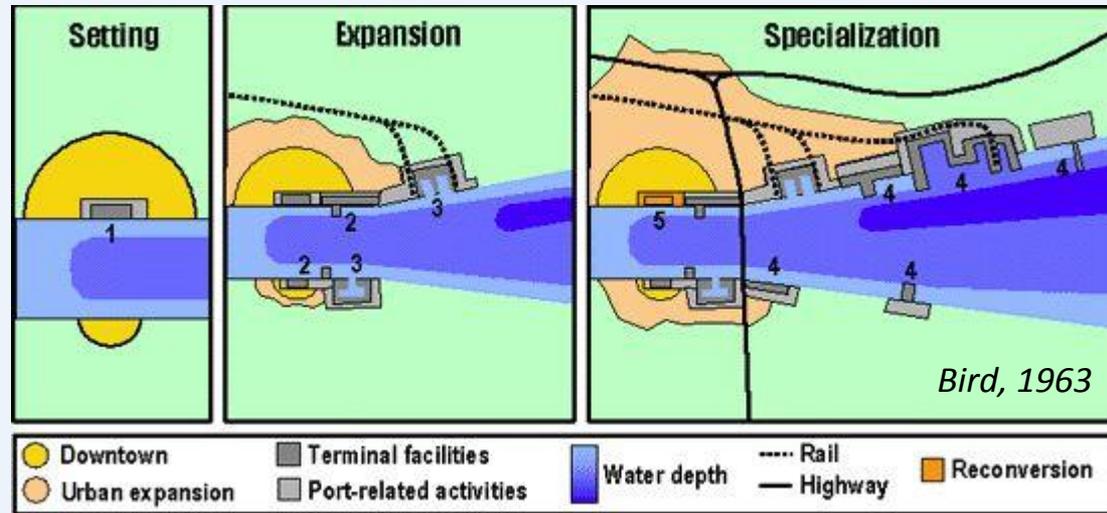
Méthodologie appliquée au cas londonien

1890-1965 : Port de Londres lui-même représentait près de 90% des escales de navires de l'agglomération

1965-2008 : Diminution jusqu'à 26% avec le passage progressif du trafic aux terminaux en eau profonde le long de la Tamise et jusqu'à Felixstowe

Évolution similaire des deux courbes tout au long de la période **mais augmentation du trafic des petits ports éloignés de Londres** (bâtonnets bleus) (confirmation du modèle de l'Anyport (Bird, 1963))

- 1967 : Felixstowe devient le premier terminal à container de Grande Bretagne
- 1960-1980 : fermeture progressive des Dockland de Londres et relocalisation des activités portuaires à Tilbury, Thamesport, et Felixstowe.



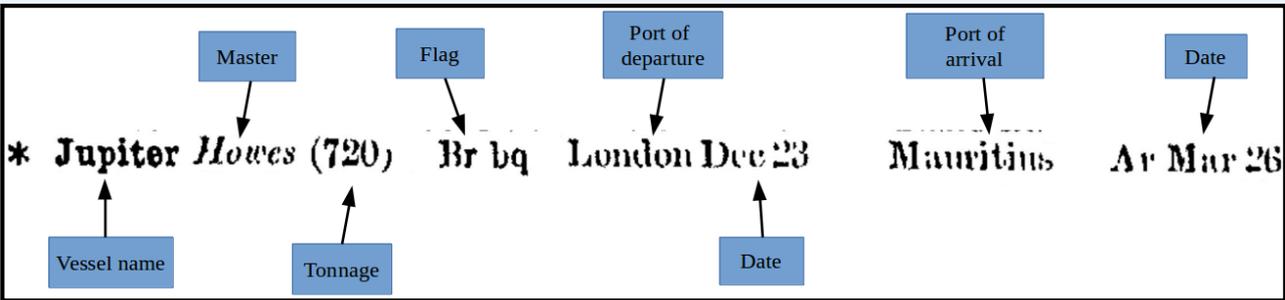
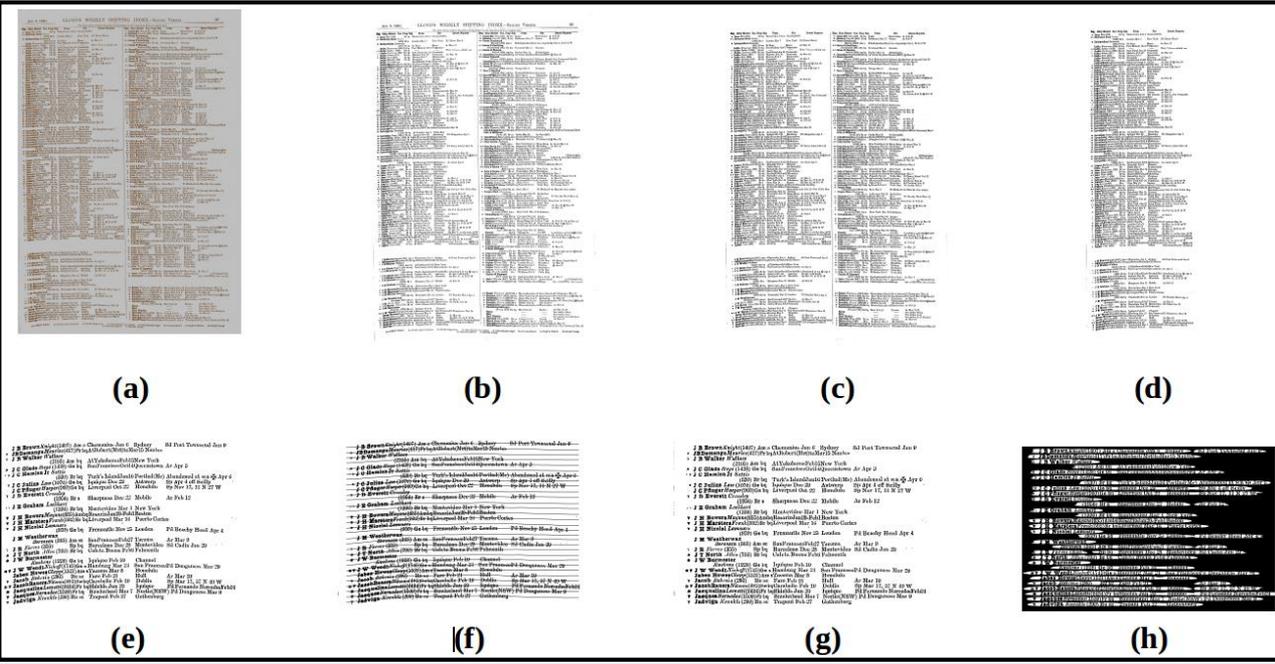
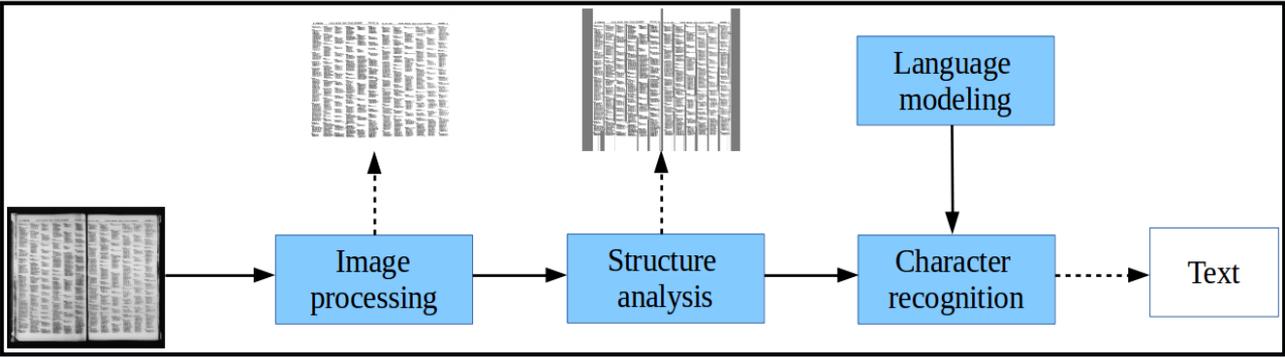
Le corpus Lloyd's List

Exemple de registre (avril 1925)

INDEX TO STEAMERS, MOTOR VESSELS AND VESSELS WITH AUXILIARY POWER.

VESSEL—Owner	Flag	Reg.	Year	Gross Tons	Net Tons	From	For	Latest Report
A. O. Bedford (tank) (J.O.C.)	Am	*R	18	9485	5899	Tampico	Colon	Ar Mar 25
A. K. Fernström	Sw	*	02	868	433	Rouen Mar 9 & Leith Mar 13		
A. L. Kent (Mystic)	Am	*R	28	5849	3664	Boston Mar 16	Norrköping	Ar Mar 23
A. Wicander (Svea)	Sw	v	91	943	661	Rouen Mar 28	Sewalls Point	Ar Mar 18
Aachen (N.D.L.)	Ge	*L	23	6274	3872	Yokohama Mar 19	Antwerp & Stockholm	Ar Antwerp Mar 3
Aagot	No	*	06	2565	2280	New York Mar 27	Bremen	Ar Dairen Mar 27
Aagtekerk (Verenigde)	Du	*	15	3964	3581	Brisbane Mar 21	Nicolaieff	Ar Hampton Rds
Aalborg (Hansen, C. K.)	Da	y	20	1256	723	Huelva Mar 27	Dunkirk	
Aalsum (Vinke)	Du	*	22	5422	3206	New York Mar 28	Hamburg	
Aarsten (motor) .. Composite	No	*R	18	439	233	Goole Mar 21	Odessa	
Aase (Torm)	Da	c	24	1206	712	Valencia Mar 27	Fredrikshald	Ar Mar 25
Aba (motor) (E.D. & Co.)	Br	*	18	7937	4596	Lagos Feb 27	Liverpool	Ar Mar 15—In pt
Abadessa (Furness)	Br	*	16	6572	4223	La Plata Feb 13	Liverpool	Ar Mar 16—In pt
Abando	Sp	v	97	1701	963	Swansea Mar 19	Liverpool	Ar Mar 15—In pt
Abangarez (U.F.S.C.)	Am	c	09	4572	2808	New Orleans Mar 18	Susa Pd	Gibraltar Mar
Abaris (Walford)	Br	*R	04	2392	1830	Bordeaux	Havana	
Abbas (Clarke)	Br	*	11	1430	826	Portsmouth Mar 29	Newport	Ar Mar 30
Abbassieh (Khedivial)	Br	v	89	2784	1708	Constantinople Mar 18 (old)	Tyne	Ar Mar 31
Abbasia (Triestino)	It	i	12	3839	2314	Trieste Mar 18	Alexandria	Ar Mar 22
							Burghaz Sd	Corfu Mar 24

Extraction de données : OCR & réseaux de neurones



Trajectoires portuaires et urbaines sur le long terme

2 exemples très différents (1890-2008)

1) Londres : 1890-1935 = augmentation parallèle flux maritimes / taille de ville (corrélation = 88%)
 1935-2008 = diminution parallèle, résultat de :

- a) Changement rapide du trafic de la ville-centre vers les terminaux modernes situés en dehors du centre et
- b) Tendence générale à la diminution de la population en Europe de l'Ouest (corrélation = 67% mais 15% pour l'ensemble de la période)

2) Shanghai : 1890-1946 = augmentation parallèle (corrélation = 76%)
 1951-2008 = croissance parallèle (corrélation = 73% mais 45% pour l'ensemble de la période)

