

SIG 2016

Conférence de la Communauté Francophone Esri

Thématique : Transport et Logistique

Versailles, 5 octobre 2016

Géovisualiser un mouvement dans l'espace géographique.

L'exemple des flux maritimes

Françoise Bahoken, Claire Lagesse, César Ducruet

Avec la collaboration de Sébastien Haule, Séléna Petit (CNRS)
et Eric Mermet (EHESS)



European Research Council
Established by the European Commission
Supporting top researchers
from anywhere in the world

Sommaire

- Contexte : Worldseastems & Géoseastems
- Problématique
- Etat de la question, de la représentation de flux maritimes à l'échelle mondiale
- Propositions, pour une cartographie du mouvement maritime global

Trois axes forts du projet World Seastems :

1. Structure et évolution du réseau maritime mondial
2. Régionalisation des échanges, chocs et bifurcations
3. Coévolution des villes et du commerce maritime



Dr. César DUCRUET, Research Fellow (P.A.R.I.S., CNRS, UMR 8504 Géographie-cités): Principal Investigator of the project.



Dr. Claire LAGESSE, Post-doctoral Research Fellow (CNRS, UMR 8504 Géographie-cités), holds a Ph.D. degree in Physics (from the University Paris-Diderot, Sorbonne Paris-Cité), and an Engineer degree in Geomatics (from ENSG, French National Higher School of Geomatics). Her research work deals with the analysis of complex networks embedded in space. Her Ph.D. thesis proposed a methodology to characterize spatial graphs, applied to road networks, while her post-doctoral work focuses on maritime networks.



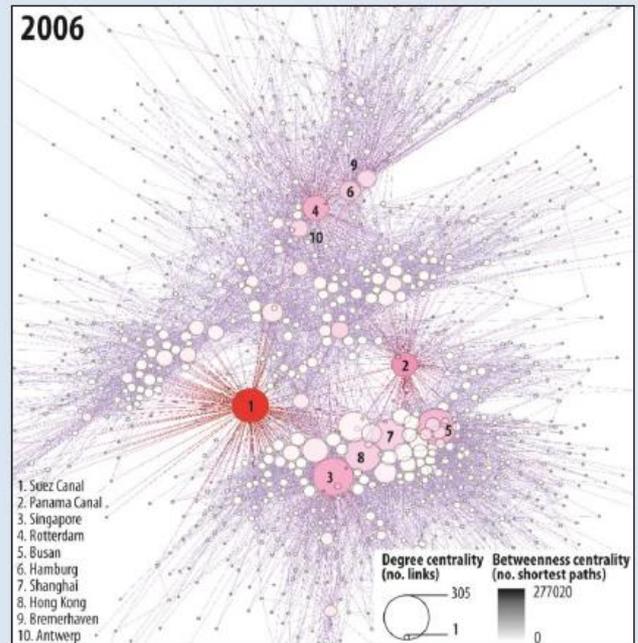
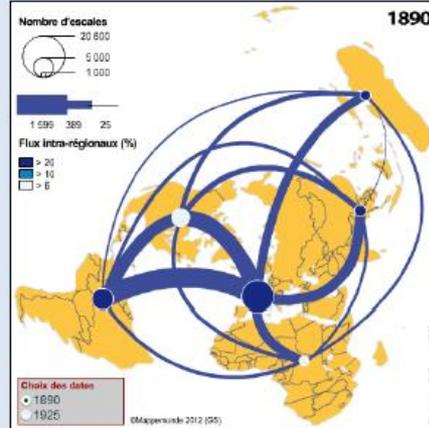
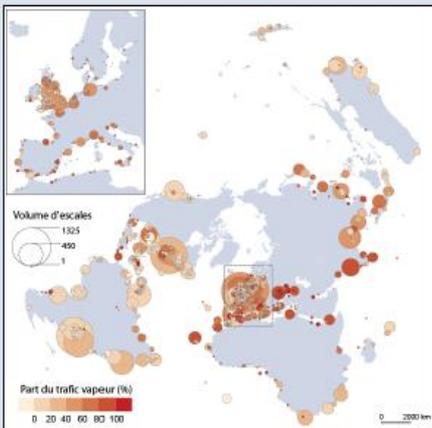
Sébastien HAULE is Engineer in Humanities and Social Sciences (CNRS, UMR 8504 Géographie-cités). He take part to ERC World Seastems project as website designer and technical expert in the fields of digitization and data management.



Séléna PETIT, Geomatic Engineer, holds a Master's degree in Cartography (University of Paris 1). She works on the development of an online platform for visualization and analysis of maritime networks.

... LLOYD'S DAILY INDEX, Apr. 1, 1925.

VESSEL—Owner	Fig	Reg	Year	Tons	From	For	Latest Report
			bt.	Gross	Net		
A. C. Bedford (tank) (S.O.C.)	Am	sw	18	9485	5899	Tampico	Colon Ar Mar 25
A. K. Fernström	Sw	*	02	868	453	Rouen Mar 9' & Leith Mar 13	
A. L. Kent (Mystic)	Am	sw	29	5648	3864	Boston Mar 16	Norrköping Ar Mar 22
A. Wicander (Svea)	Sw	v	91	943	661	Rouen Mar 28	Sewalls Point Ar Mar 18
Asohan (N.D.L.)	Ge	e	23	6274	3872	Yokohama Mar 19	Antwerp Ar Antwerp Mar 8
Aagot	No	n	06	3565	2389	New York Mar 27	Bremen Ar Dairen Mar 27
Aagtekork (Fersenside)	Du	n	15	8964	4581	Brisbane Mar 21	Nicolaieff Ar Hampton Rds
Aalborg (Ransen, C. K.)	Da	y	20	1258	723	Huelva Mar 27	Dunkirk
Aalsum (Vinke, C. K.)	Du	n	27	5422	3206	New York Mar 28	Hamburg
Aarstan (motor)	Composite	No	n	18	439	Goole Mar 21	Odessa
Asse (Torm)	Da	c	24	1206	712	Valencia Mar 27	Friedrikshald Ar Mar 25
Abá (motor) (S.D. & Co.)	Br	*	18	7937	4596	Lagos Feb 27	Liverpool Ar Mar 15—In pt
Abadana (Furness)	Br	*	16	6572	4223	La Plata Feb 13	Liverpool Ar Mar 16—In pt
Abando	Sp	v	97	1701	963	Swansea Mar 19	Susa Pd Gibraltar Mar
Abangarez (U.F.S.C.)	Am	c	09	4572	2808	New Orleans Mar 18	Havana
Abaris (Walferd)	Br	*	04	2392	1830	Bordeaux	Newport Ar Mar 30
Abbas (Olarke)	Br	*	11	1430	836	Portsmouth Mar 29	Tyne Ar Mar 31
Abbasieh (Khedivess)	Br	v	80	2784	1708	Constantinople Mar 18 (old)	Alexandria Ar Mar 22
Abbasia (Tristimo)	It	i	12	3638	2314	Trieste Mar 18	Burghez Sd Corfu Mar 24



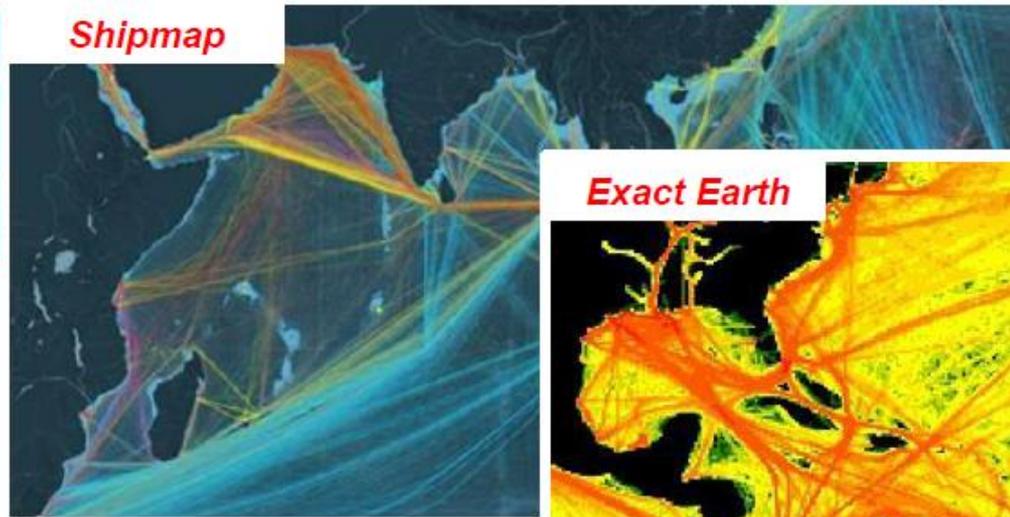
Marine Traffic



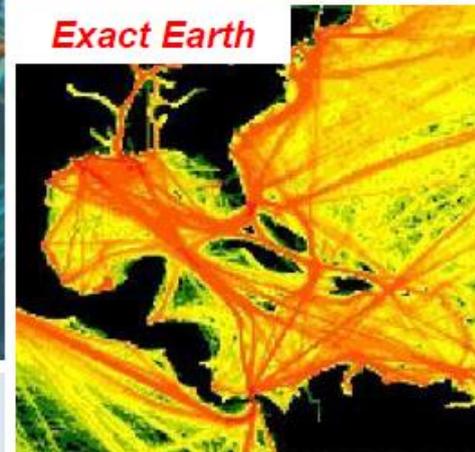
Fleetmon



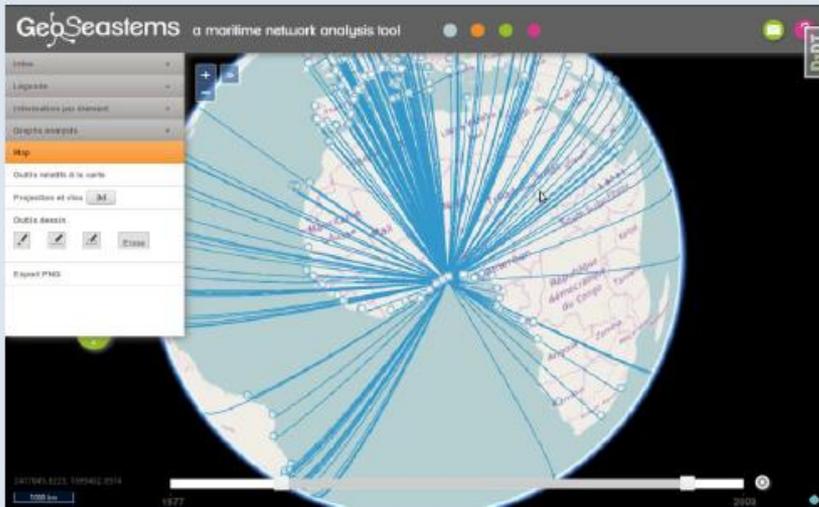
Shipmap



Exact Earth



GeoSeastems a maritime network analysis tool



De gauche à droite, de haut en bas :

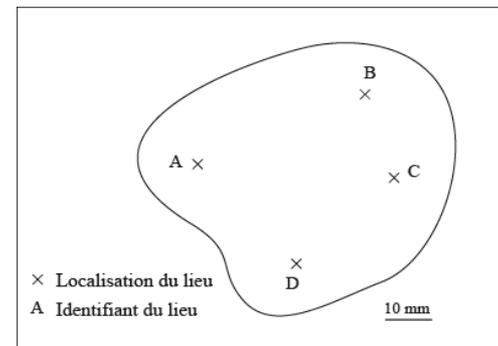
- Cartographie des ports.
- Cartographie des flux.
- Visualisation 3d.

Développement en cours, les images ne sont pas représentatives du produit final

Objectif : géo visualiser les valeurs des matrices sous-jacentes de manière efficace (sur une carte géographique)

- **Thématique** : représenter des quantités de conteneurs, une fréquence de navires ... transférées dans un espace géographique donné et sur une période, ...

Fij	A	B	C	D
A	-	8	5	1
B	6	-	3	2
C	10	4	-	1
D	1	2	3	-



- **Méthodologique** : transformer les valeurs de la matrice en objets graphiques (points, lignes) et les *projeter* dans un plan assorti d'une métrique (ici : géographique, km...)
- **Sémiologique** : visualiser instantanément les relations et/ou les quantités (masses, volumes,...) transférées de manière aisée



La construction de la base de données géographique



Lloyd's List



Navires

Ports

Déplacement

Lloyd's List



Navires

Nom
Appartenance
Nationalité

Ports

Trajet

Lloyd's List



Lloyd's List

Navires

Ports

Trajet

Nom

Surface

Coordonnée (x,y)



Lloyd's List

Navires

Ports

Trajet

Position d'origine

Position actuelle

Position de destination

Navires →

Ports →

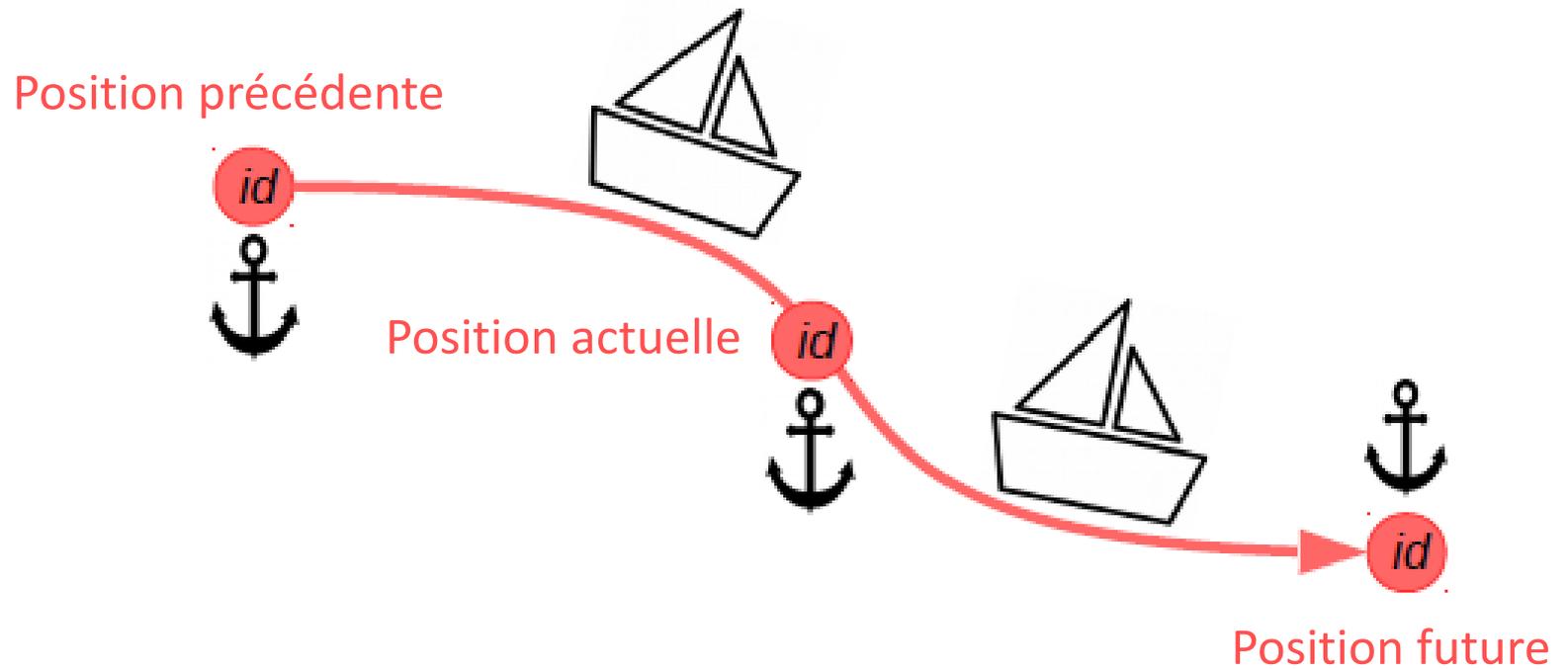
Trajet →

+
le temps
→

YYYY_MOVES			
VESSEL_ID	long		
MOVE ID			empty
MOVE SEQUENCE	long		
PLACE_ID	long		
PLACE NAME	varchar[]		
MOVE TYPE	char		partial
MOVE QUALIFIER	char		partial
ARRIVAL DATE	date		
ARRIVAL ESTIMATED	char		partial
ARRIVAL QUALIFIER	char		partial
SAILING DATE	date		
SAILING ESTIMATED	char		partial
SAILING QUALIFIER	char		partial
PREVIOUS PLACE ID	long		
PREVIOUS PLACE NAME	varchar[]		
PREVIOUS SAILING DATE	date		
PREVIOUS SAILING ESTIMATED	char		partial
PREVIOUS SAILING QUALIFIER	char		partial
NEXT PLACE ID	long		
NEXT PLACE NAME	varchar[]		
NEXT ARRIVAL DATE	date		
NEXT ARRIVAL ESTIMATED	char		partial
NEXT ARRIVAL QUALIFIER	char		partial
RECORD LAST UPDATED	date		Date + hour

Trajet

- Position précédente
- Position actuelle
- Position de destination



Trajet

Position précédente



ORIGINE

Position actuelle



Transit

Position de destination



DESTINATION

ORIGINE

Transit

DESTINATION

Position précédente



id



Position actuelle



id



id

Position future

Trajet

Position précédente



ORIGINE

Position actuelle



Transit

Position de destination



DESTINATION

ORIGINE

Transit

DESTINATION

Position précédente



id



Position actuelle



id



id

Position future

Trajet

Position précédente



ORIGINE

Position actuelle



Transit

Position de destination

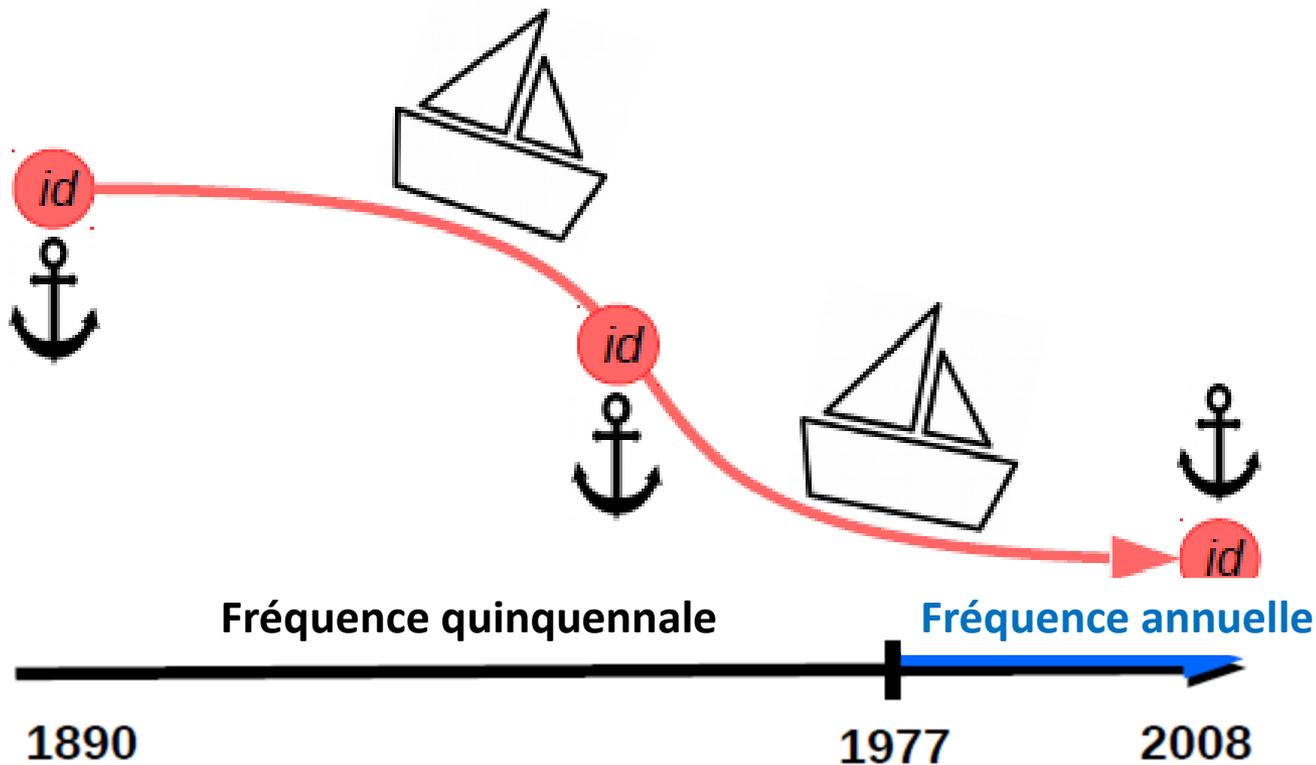


DESTINATION

ORIGINE

Transit

DESTINATION



Trajet

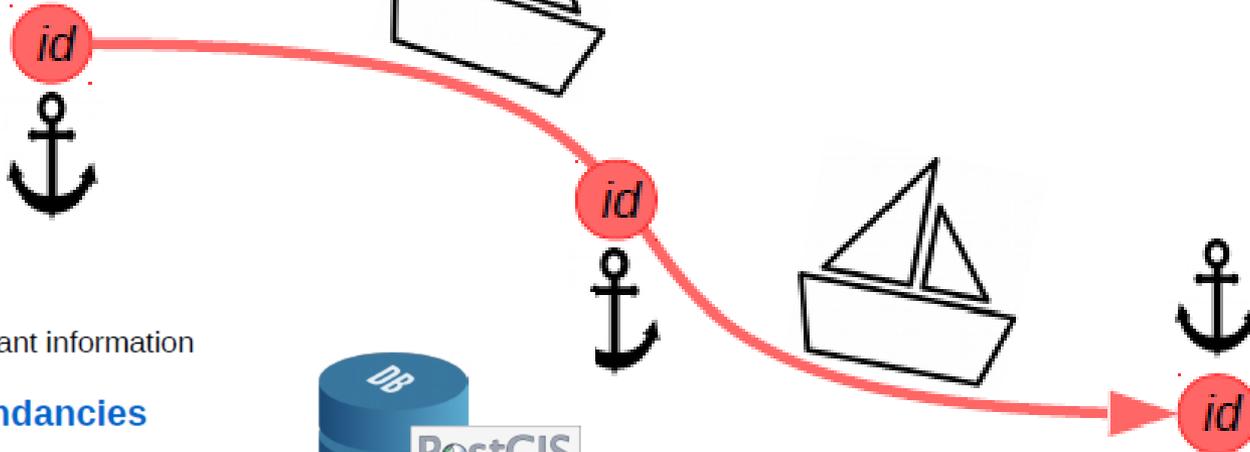
Position précédente
Position actuelle
Position de destination

ORIGINE
Transit
DESTINATION

ORIGINE

Transit

DESTINATION



Extract relevant information

Avoid redundancies

Make **easier** information **access**

Add **geometries**



Structure de la base de données

Navires	Ports	Trajet	Liaison
vessel_id vessel_name flag type	place_id place_name <i>node_id</i> geom	move_id previous_pl current_pl next_pl date	path_id from_pl to_pl error geom
73 352	9 350	10 297 402	594 545

(1977 → 2008)

Structure de la base de données

(i)

(Lij)

Navires	Ports	Trajet	Liaison
vessel_id vessel_name flag type	place_id place_name node_id geom	move_id previous_pl current_pl next_pl date	path_id from_pl to_pl error geom
73 352	9 350	10 297 402	594 545

*Objets
mobiles (N)*

*Localisation
(x,y)*

(1977 → 2008)

↑
**Densité de
la matrice
OD**

Structure de la base de données

(i)

(Lij)

(Fij)

Navires	Ports	Trajet	Liaison
vessel_id vessel_name flag type	place_id place_name node_id geom	move_id previous_pl current_pl next_pl date	path_id from_pl to_pl error geom type
73 352	9 350	10 297 402	594 545

*Objets
mobiles (N)*

*Localisation
(x,y)*

(1977 → 2008)

Fréquence (navires)
Quantité (tonnes)
Valeur (US \$)
etc.

↑
**Matrice valuée,
découpée en
catégories**

Cartographie des liaisons (ports*ports) existantes en 2008



« L'effet spaghetti »

Les possibilités de géo visualisation des flux (Fij) maritimes de navires

Les liaisons maritimes existantes



Méthodes de représentation des flux selon le type de matrice

Type de matrice

Fij	A	B	C	D
A	-	8	5	1
B	6	-	3	2
C	10	4	-	1
D	1	2	3	-

(Fij)

(Lij)
symétrique

(Fij)
asymétrique

(Fij+)
symétrique

(Fij-)
antisymétrique

Liaisons disponibles

Fji	A	B	C	D
A	-	1	1	1
B	1	-	1	1
C	1	1	-	0
D	1	1	0	-

Fij+Fji	A	B	C	D
A	-	14	15	2
B	14	-	7	4
C	15	7	-	4
D	2	4	4	-

Antisymétrie

Fij-Fji	A	B	C	D
A	-	+2	-5	0
B	-2	-	-1	0
C	+5	+1	-	-2
D	0	0	+2	-

Méthodes de représentation des flux selon le type de matrice

Type de matrice

Fij	A	B	C	D
A	-	8	5	1
B	6	-	3	2
C	10	4	-	1
D	1	2	3	-

(Fij) ?

(Lij)
symétrique

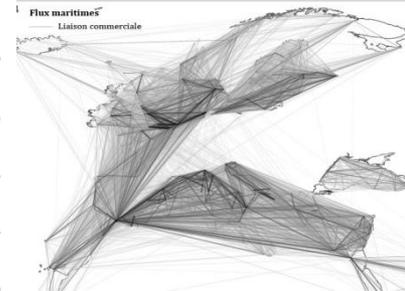
(Fij)
asymétrique

(Fij+)
symétrique

(Fij-)
antisymétrique

Liaisons disponibles

Fji	A	B	C	D
A	-	1	1	1
B	1	-	1	1
C	1	1	-	0
D	1	1	0	-



Fij+Fji	A	B	C	D
A	-	14	15	2
B	14	-	7	4
C	15	7	-	4
D	2	4	4	-

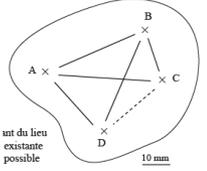
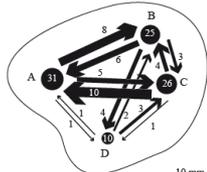
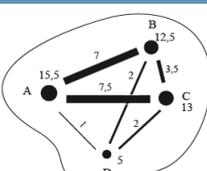
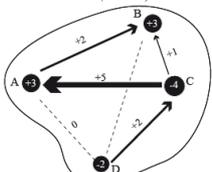
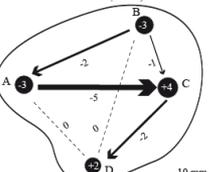
?

Antisymétrie

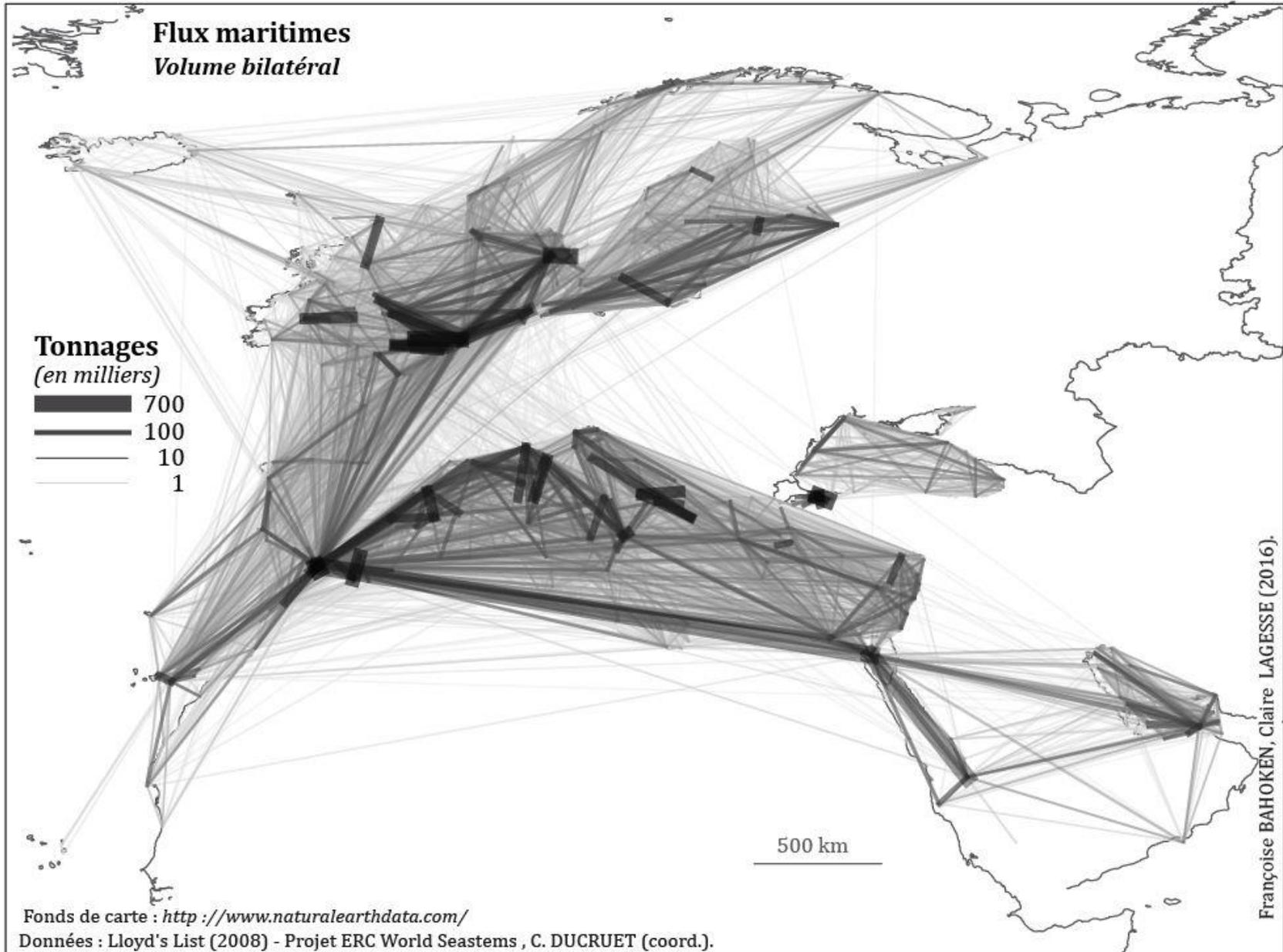
Fij-Fji	A	B	C	D
A	-	+2	-5	0
B	-2	-	-1	0
C	+5	+1	-	-2
D	0	0	+2	-

?

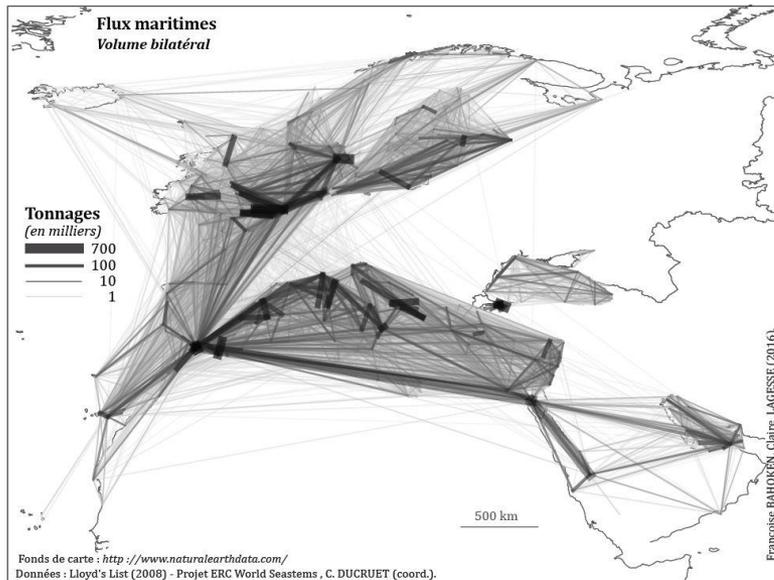
Typologie de méthodes de représentation des flux selon le type de matrice

Type de matrice	Type de figuré	Type de carte
<p>(Lij) symétrique</p> <p>↗</p>	<p>● — lien non valué — ●</p>	 <p>ent du lieu existante possible 10 mm</p>
<p>(Fij) asymétrique</p> <p>↘</p>	<p>● → lien valué orienté ← ●</p>	 <p>10 mm</p>
<p>(Fij+) symétrique</p> <p>↖</p>	<p>● — lien valué — ●</p>	 <p>10 mm</p>
<p>(Fij-) antisymétrique</p> <p>↙</p>	<p>● → lien valué orienté ●</p>	<p>Transferts positifs (créances)</p>  <p>Transferts négatifs (dettes)</p>  <p>10 mm</p>

Le volume bilatéral des flux



Quel est le problème ?

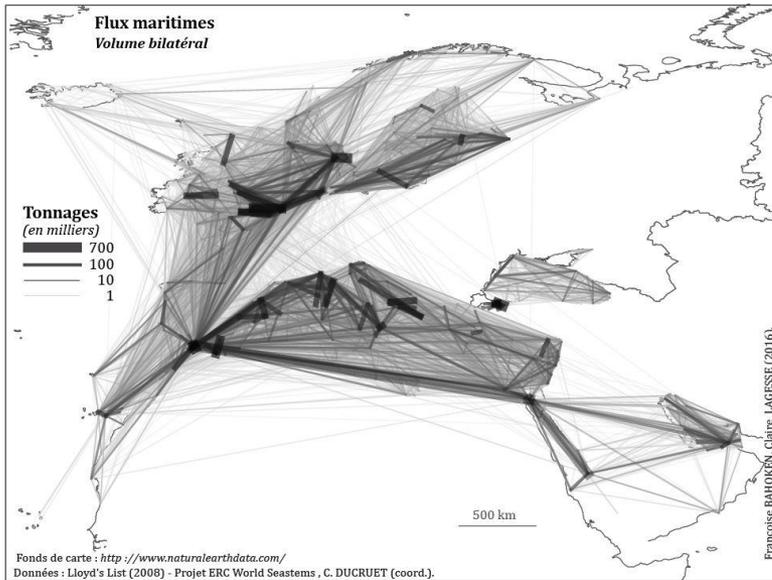


L'espace des échanges n'est pas pris en compte dans le processus de représentation cartographique.

Il est mobilisé :

- Pour modéliser les données numériques ;
- pour « habiller » la figure, dans une visée esthétique, cosmétique...

Quel est le problème ?



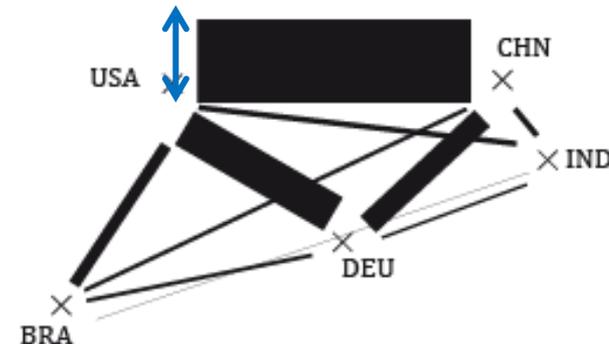
L'espace des échanges n'est pas pris en compte dans le processus de représentation cartographique.

La logique de Flux (Fij)

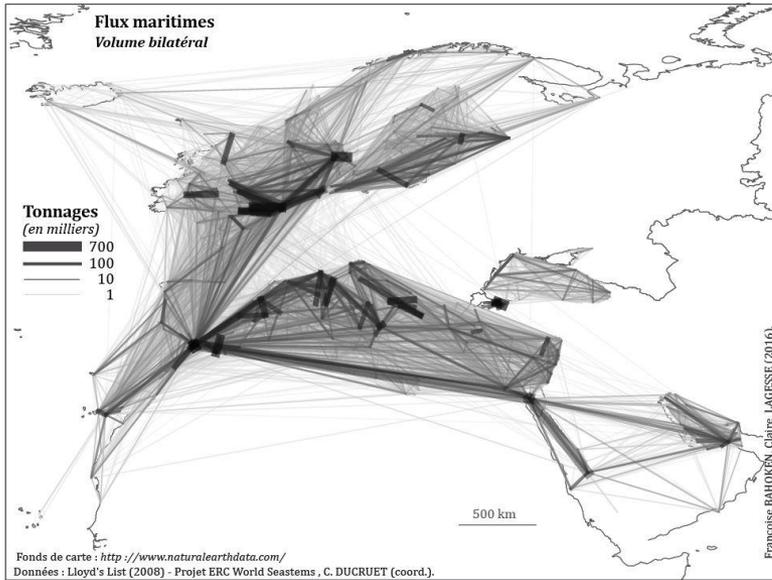
Volume de flux bilatéral

Fij+	BRA	CHN	DEU	IND	USA
BRA	-	14	13	0,2	37
CHN	14	-	73	18	274
DEU	13	73	-	0,9	124
IND	0,1	18	0,9	-	24
USA	37	274	124	24	-

Valeur de flux



Quel est le problème ?



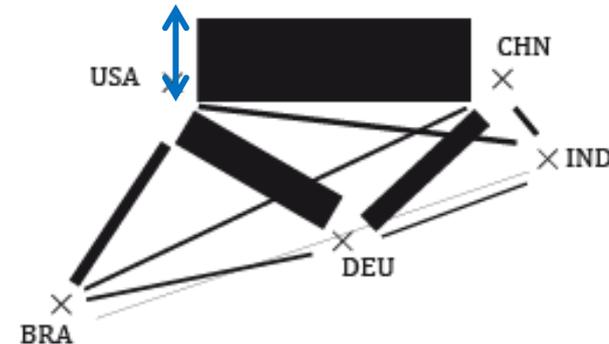
L'espace des échanges n'est pas pris en compte dans le processus de représentation cartographique.

La logique de Flux (Fij)

Volume de flux bilatéral

Fij+	BRA	CHN	DEU	IND	USA
BRA	-	14	13	0,2	37
CHN	14	-	73	18	274
DEU	13	73	-	0,9	124
IND	0,1	18	0,9	-	24
USA	37	274	124	24	-

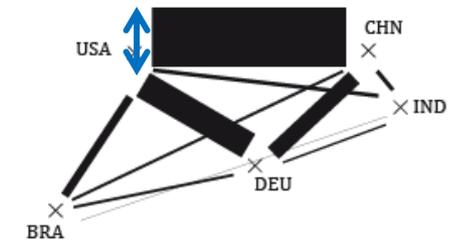
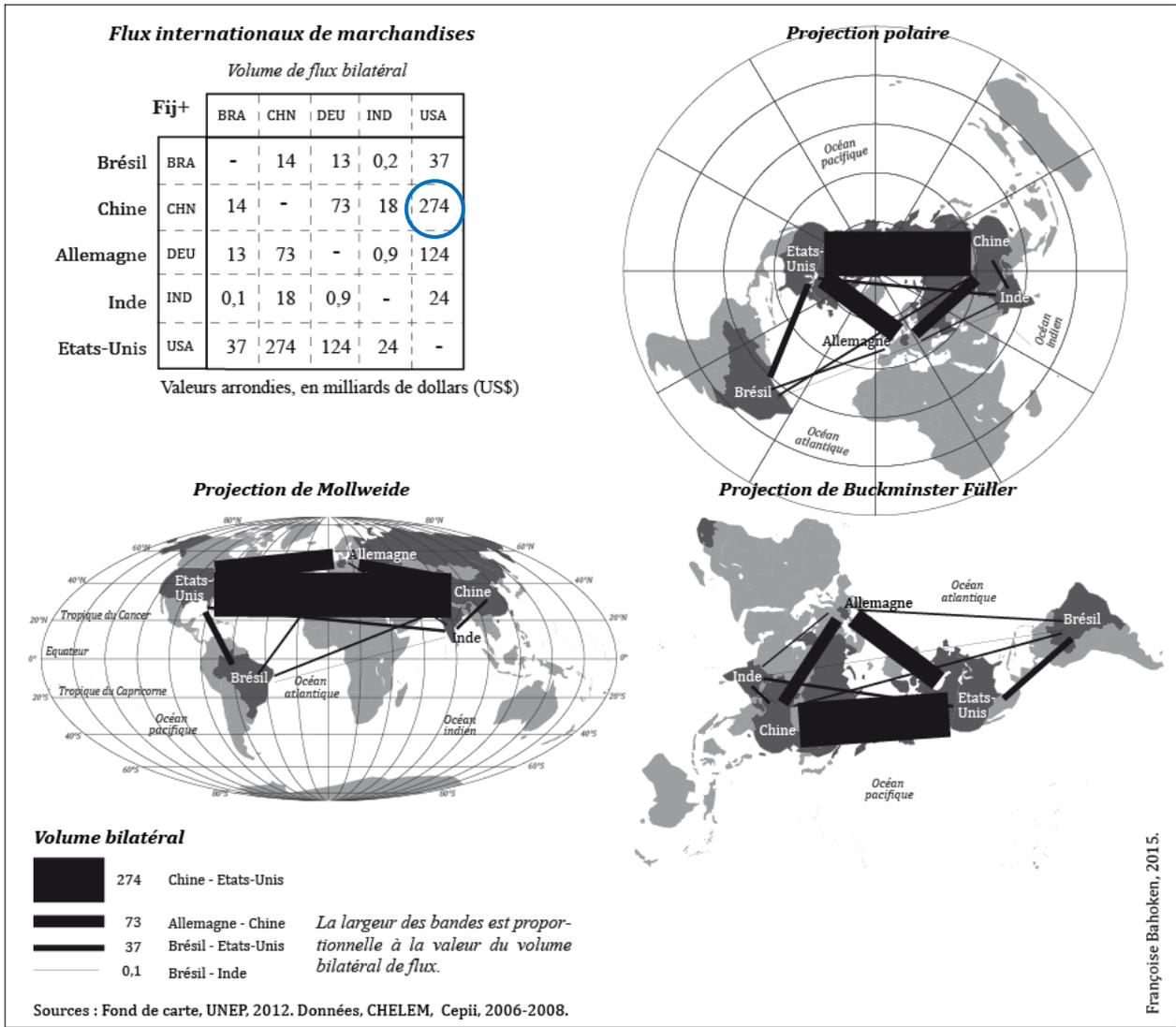
Valeur de flux



Est-ce une carte (ou un graphe ?)

Le rôle des positions géographiques

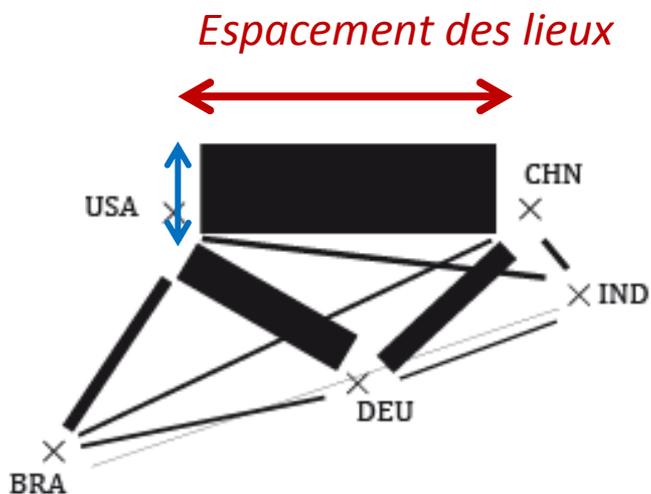
La logique de Flux (Fij)



Est-ce une carte (ou un graphe ?)

La logique de Flux (Fij)

La logique de mouvements (Mij)

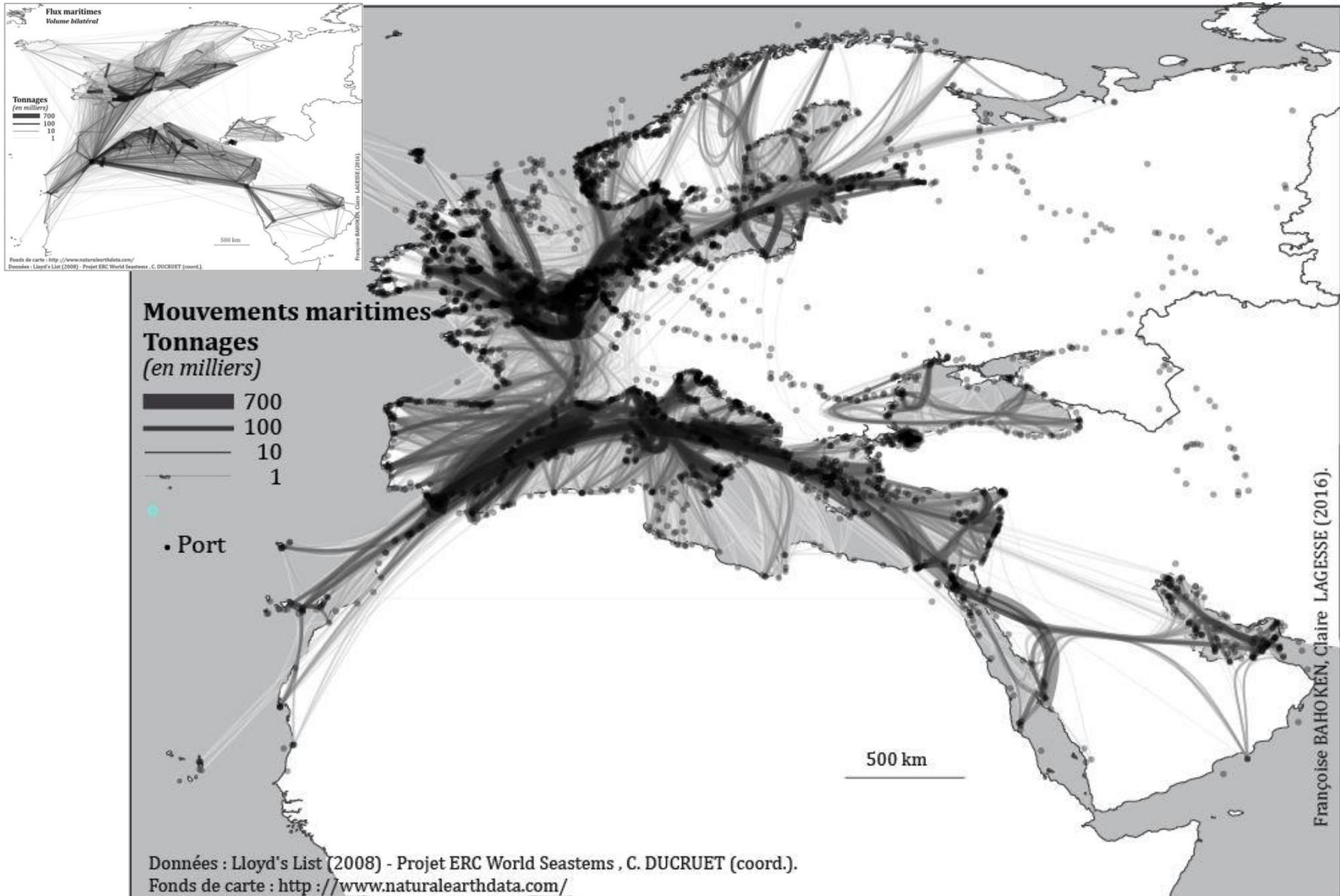


Introduire l'espace
dans le raisonnement cartographique

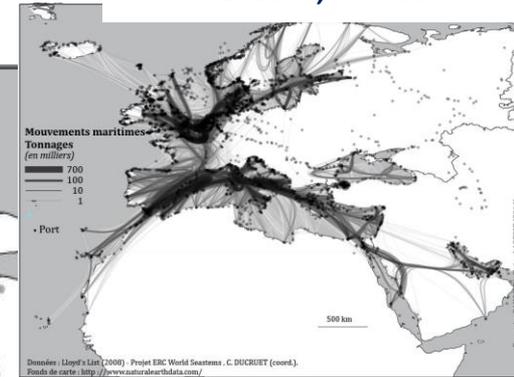
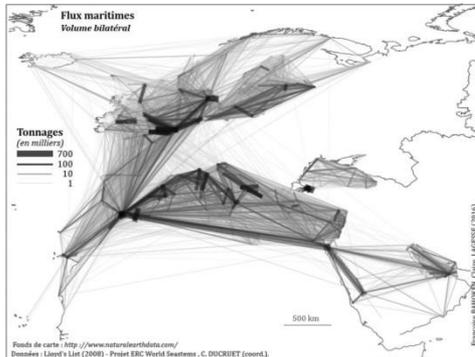
Introduire l'espace

- Aspects graphiques : la *forme* de la carte
- Aspects statistiques : le *fond de la* carte
- Aspects cartographiques : le *fond de* carte

■ Aspects graphiques : la *forme* de la carte

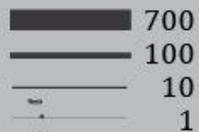


■ Aspects graphiques : la *forme* de la carte



Mouvements maritimes

Tonnages (en milliers)



• Port

Seuls les mouvements décrivant
75% de l'information totale sont
représentés.

500 km

Données : Lloyd's List (2008) - Projet ERC World Seastems , C. DUCRUET (coord.).
Fonds de carte : <http://www.naturalearthdata.com/>

- Aspects cartographiques : le *fond* de la carte

→ Retour à la préparation des données

(Lij, Fij)

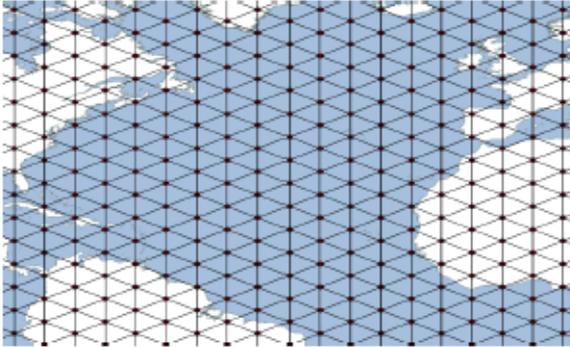
(Gij)

Navires	Ports	Trajet	Liaison	GRILLE
vessel_id vessel_name flag type	place_id place_name node_id geom	move_id previous_pl current_pl next_pl date	path_id from_pl to_pl error geom	nodes_list edges_list

→ Création d'un graphe spatial (liens, nœuds)

■ Aspects cartographiques : le *fond* de la carte

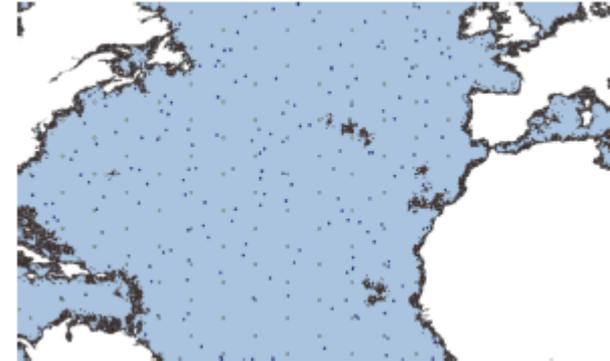
a)



b)



c)



d)



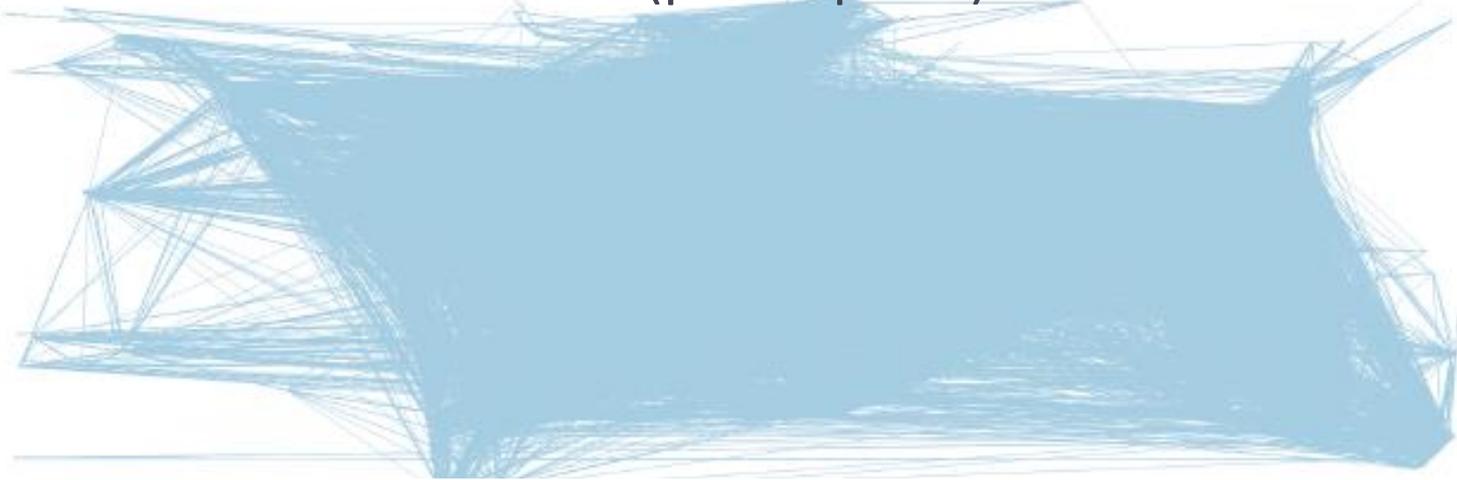
Canal de Panama



Canal de Suez

- Aspects cartographiques : le *fond* de la carte

Des liaisons directes (ports*ports) existantes en 2008 ...



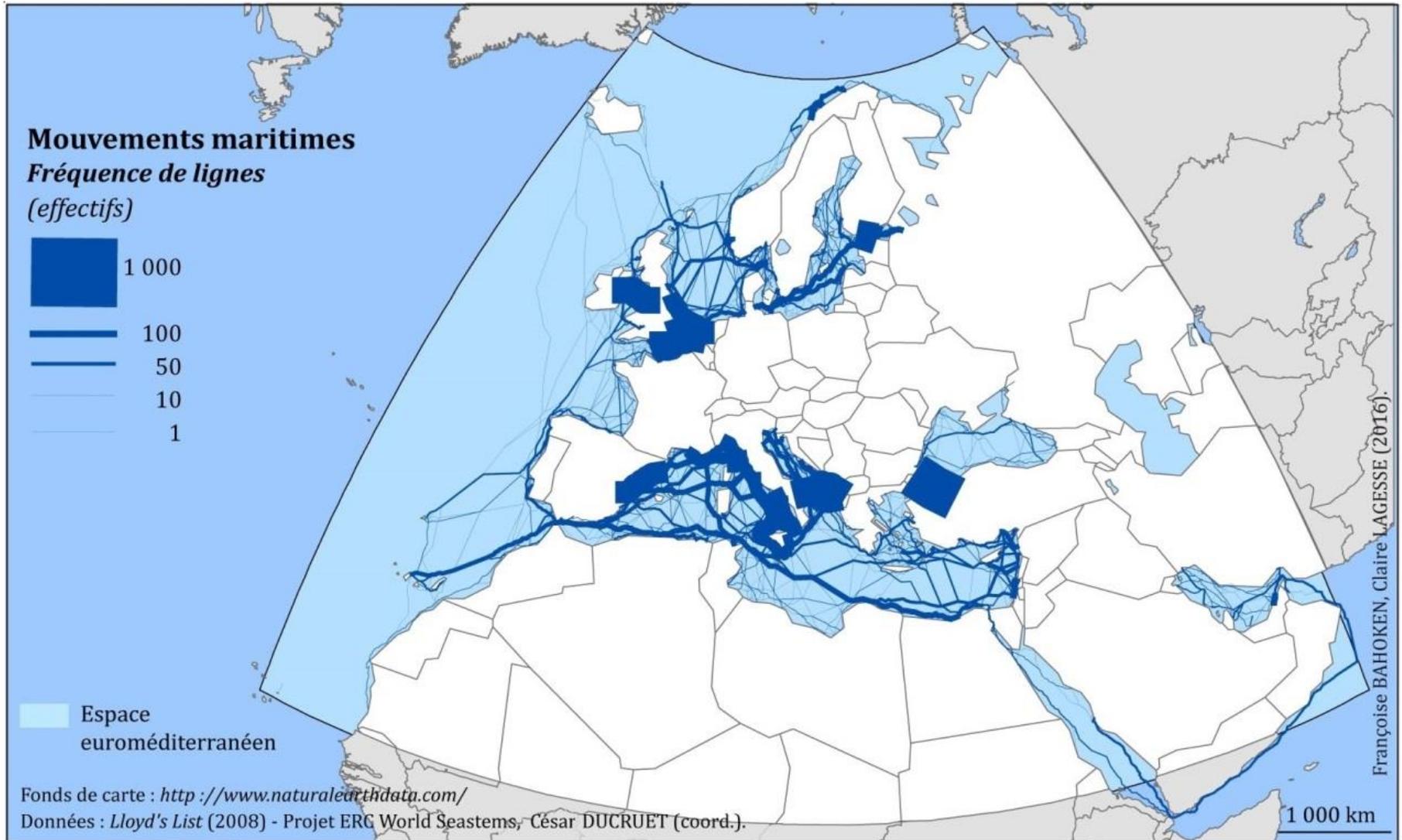
... aux trajectoires estimées



Les possibilités de géo visualisation
des **mouvements maritimes**
- *exemples* -

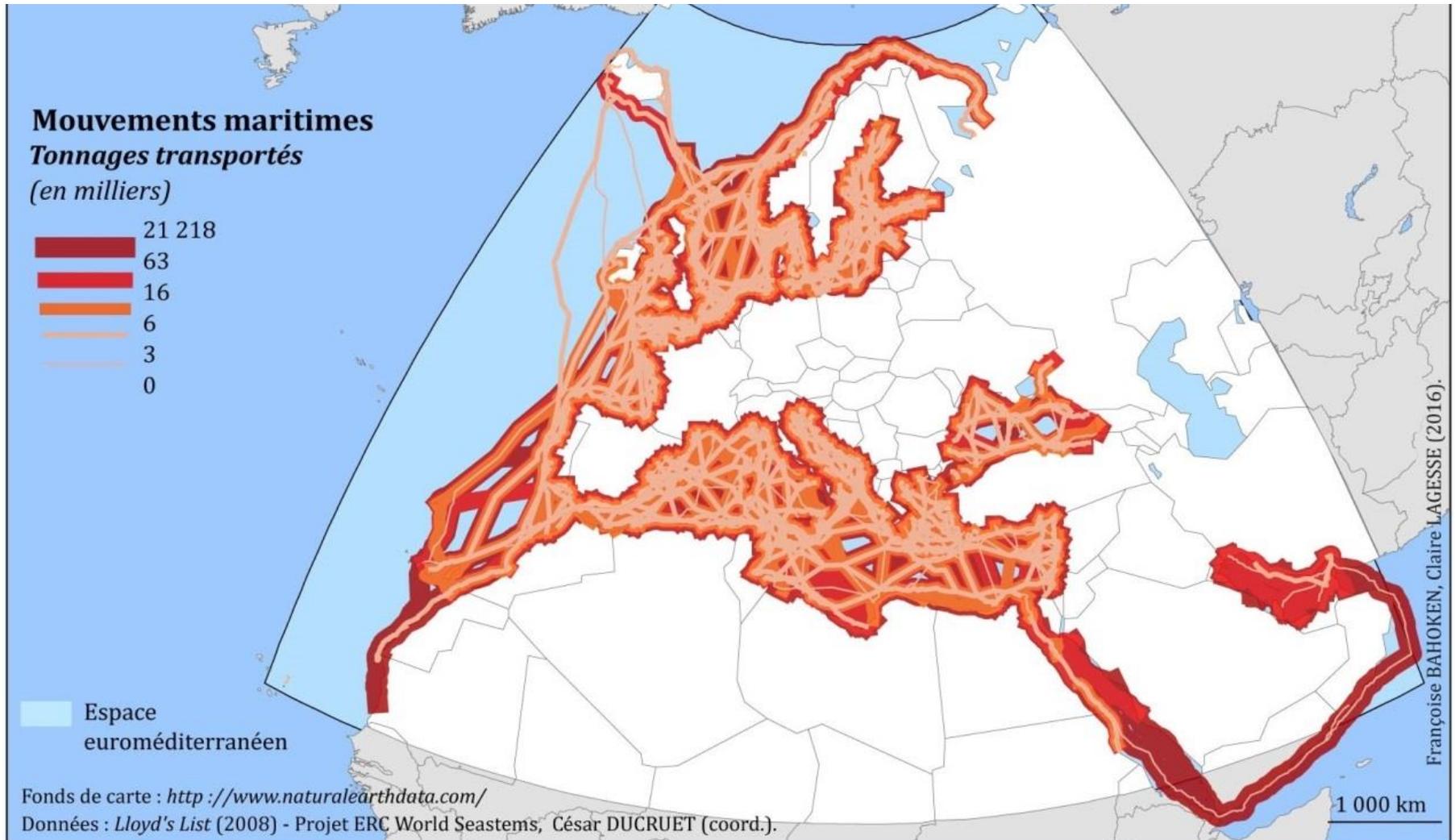
○ Approche cartographique discrète

Cartographie de la fréquence de navires sur des lignes reconstituées



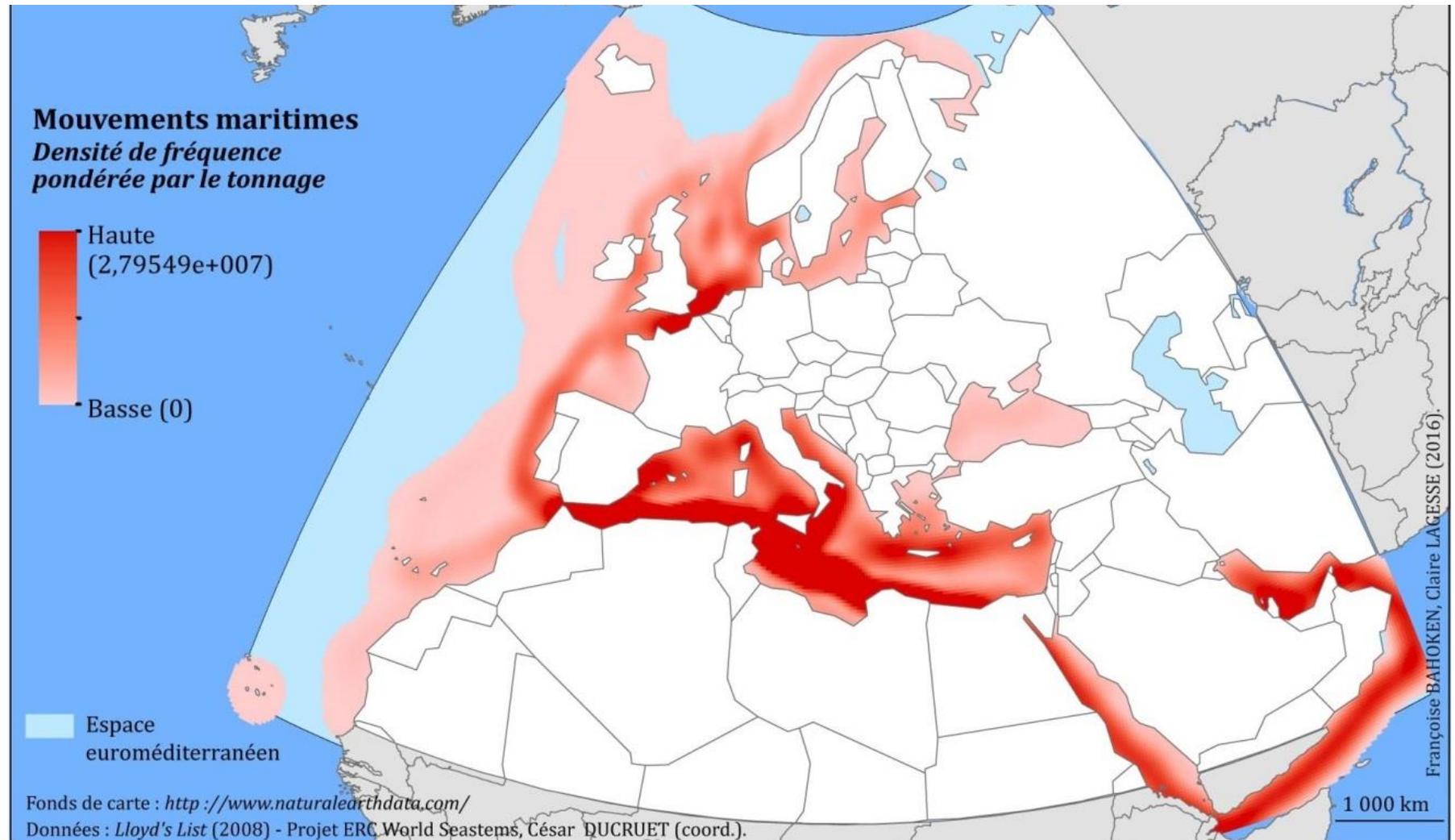
○ Approche cartographique discrète

Cartographie des volumes bilatéraux de mouvements (en tonnages) maritimes estimés (Mij+)



○ Approche cartographique continue

Cartographie de la densité de fréquence pondérée par le tonnage, des volumes de mouvements (en tonnages) maritimes estimés (Mij+)



Merci de votre attention

Françoise Bahoken, Claire Lagesse, César Ducruet

francoise.bahoken@ifsttar.fr , claire.lagesse@gmail.com , cdu@parisgeo.cnrs.fr

