

**Flux, ports, échanges**  
*Journée d'étude, GIS d'histoire & Sciences de la mer*  
*Nice, 23 mars 2017*

# L'apport de la géomatique à l'étude des réseaux maritimes : de la conception au développement d'un *Géoportail*

Mattia Bunel & César Ducruet  
CNRS – UMR 8504 Géographie-cités

*avec la collaboration de Claire Lagesse (THEMA), Françoise Bahoken (IFSTTAR), Eric Mermet (EHESS) et Séléna Petit (CNRS)*



# Plan de la présentation

1. Nature et contexte scientifique
2. Démonstration du prototype et résultats préliminaires sur la période 1890-1925
3. Développements à venir

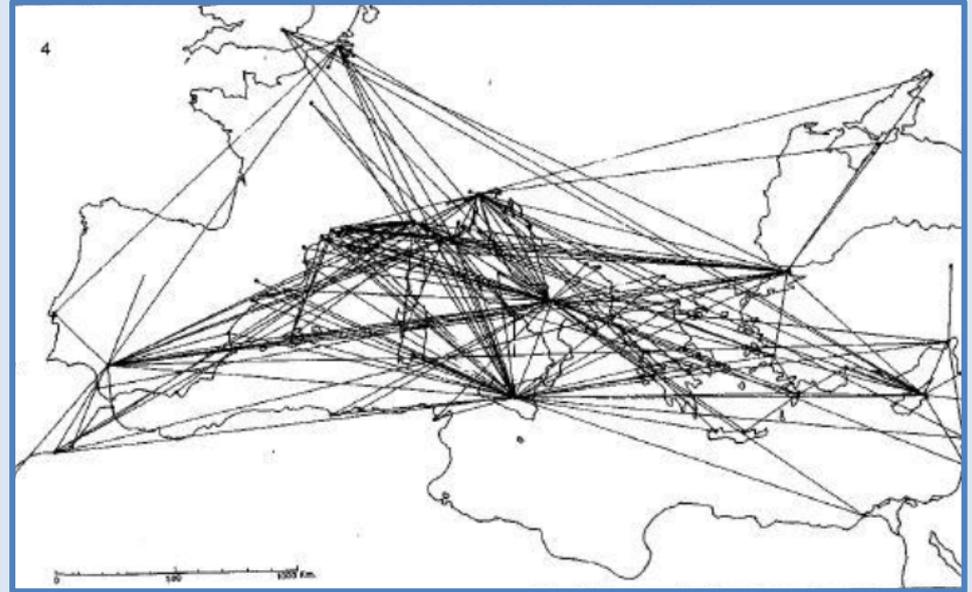
# Nature et contexte scientifique

- Absence frappante d'une cartographie précise et rigoureuse des flux maritimes mondiaux des années 1940 aux années 2010

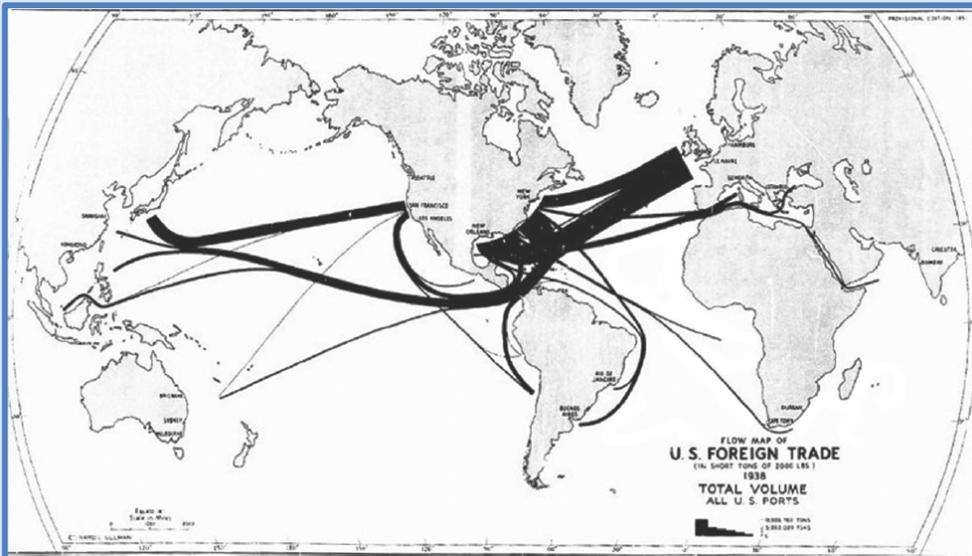
André Siegfried (1940)



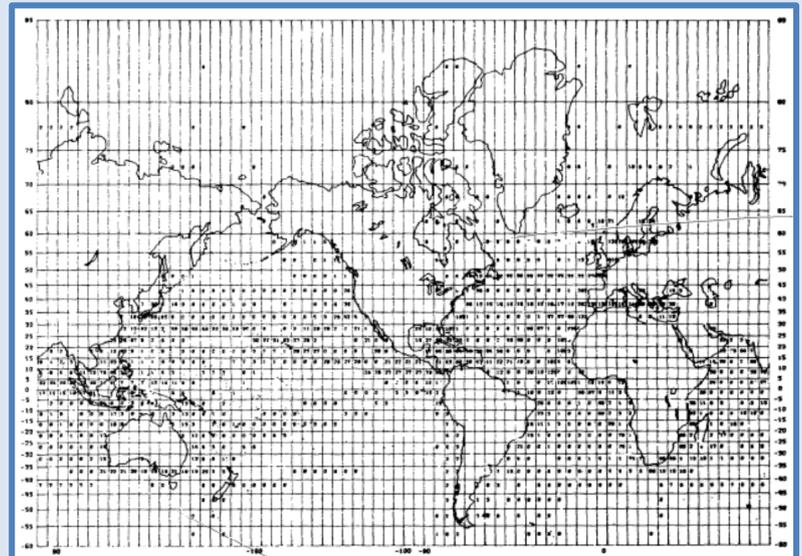
Jacques Bertin (1973)



Edward Ullman (1949)



Franklin McKenzie (1975)



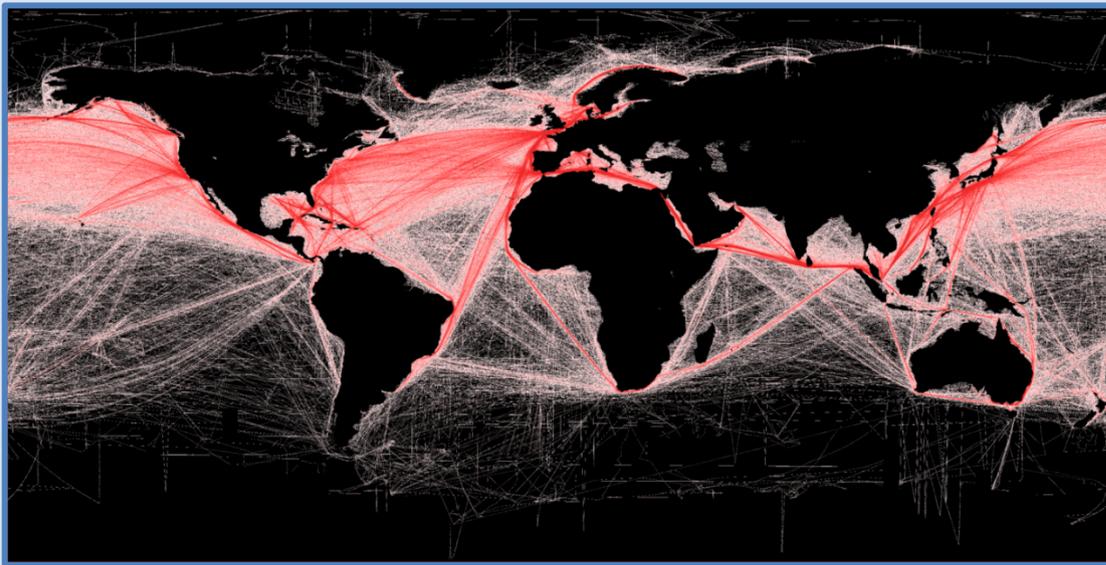
... à de (très) rares exceptions !

# Nature et contexte scientifique du projet

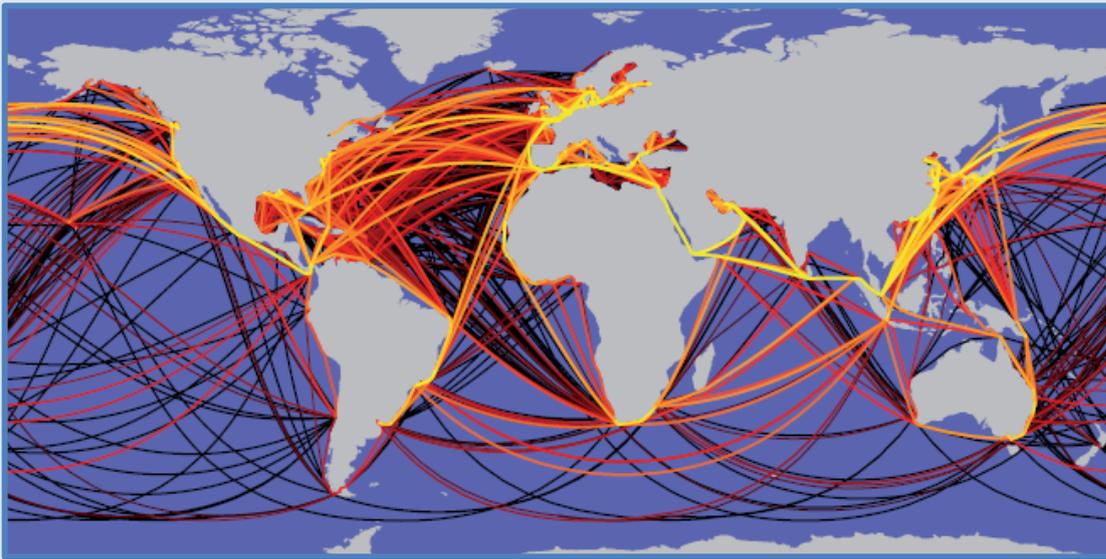
- Absence frappante d'une cartographie précise et rigoureuse des flux maritimes mondiaux des années 1940 aux années 2010
- **Emergence de nouvelles données maritimes radar et satellite, évolution des outils d'analyse et de la puissance de calcul informatique**

## Quelques approches mondiales ...

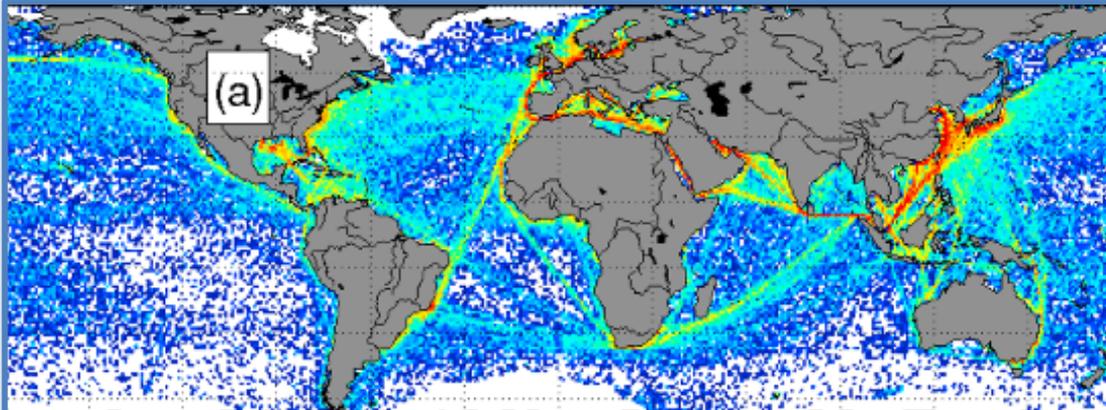
Halpern et al. (2008)

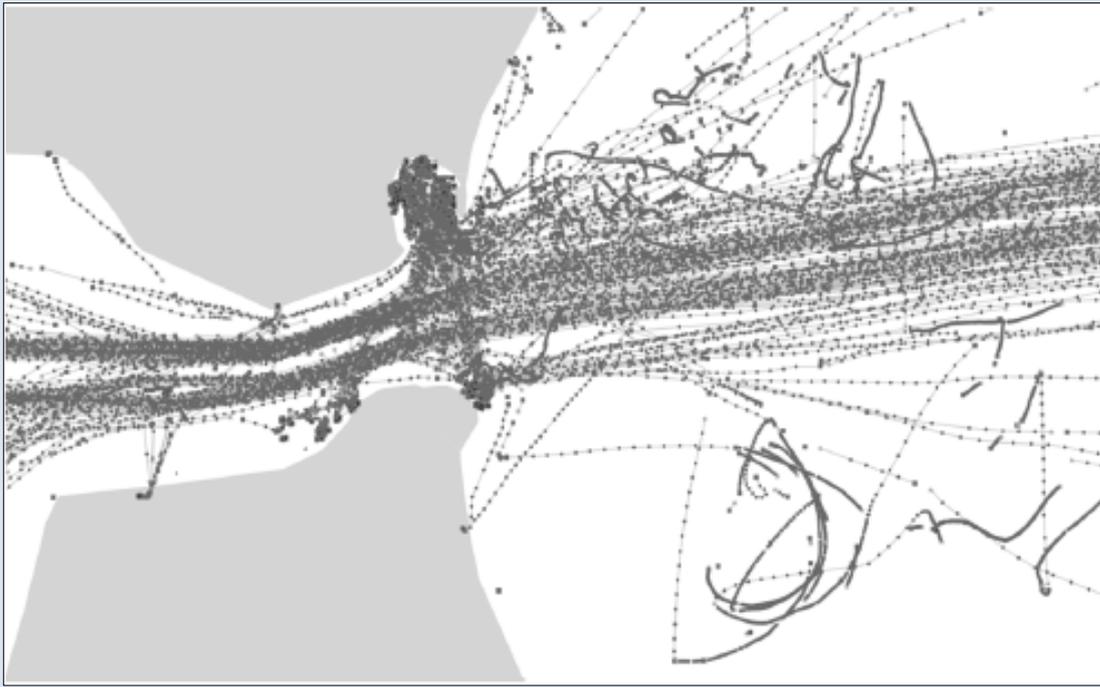


Kaluza et al. (2010)



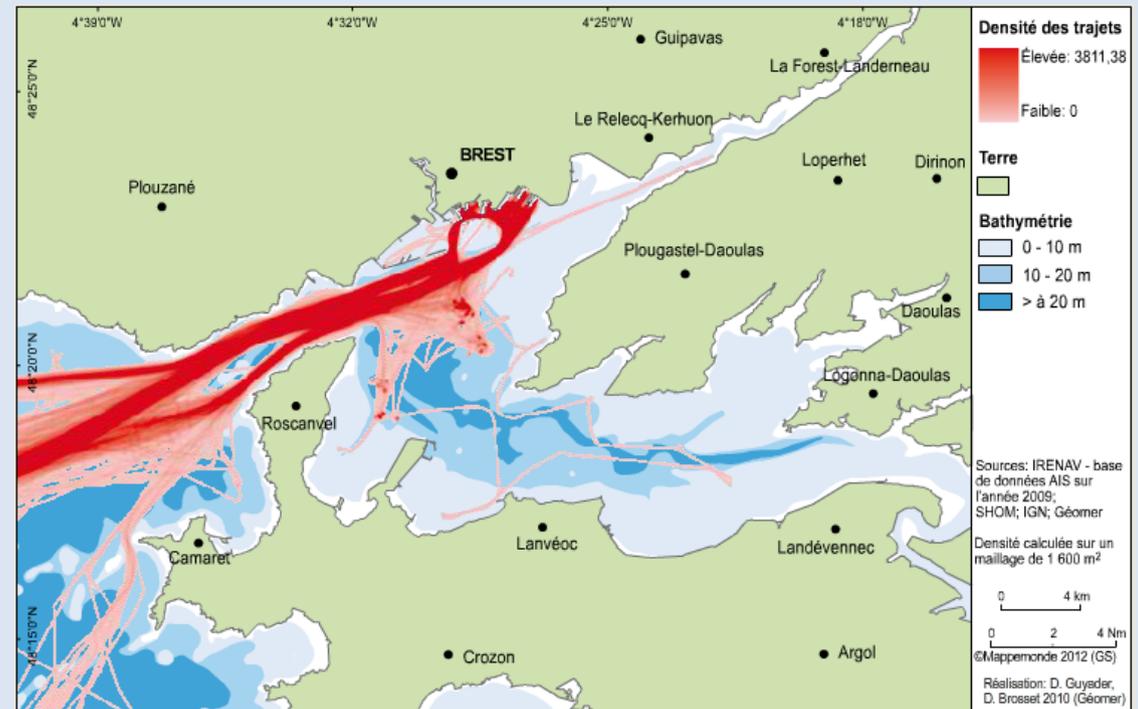
Tournadre (2014)





... d'autres plus locales

Etienne et al. (2015)



Le Guyader et al. (2014)

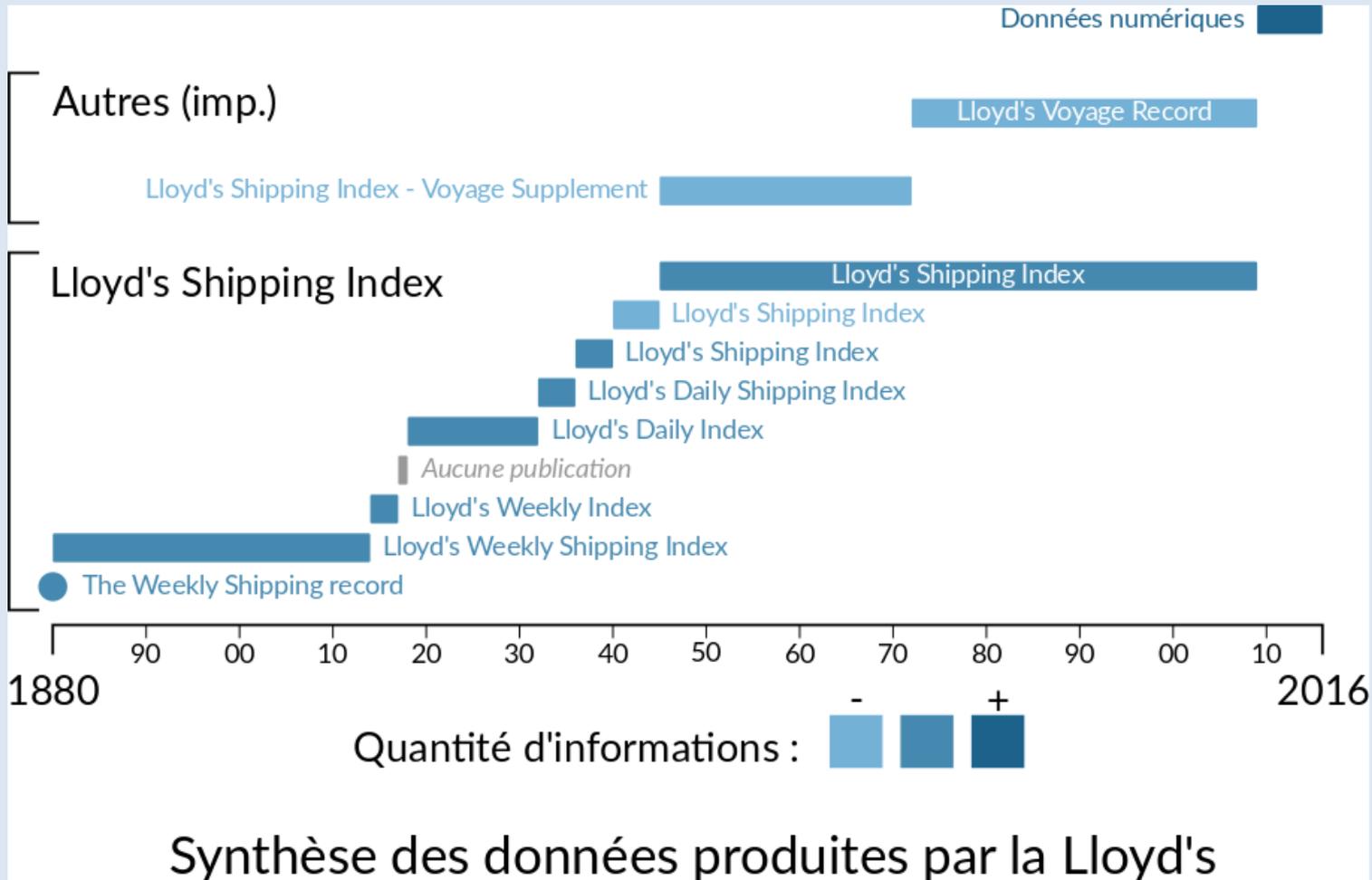
# Nature et contexte scientifique du projet

- Absence frappante d'une cartographie précise et rigoureuse des flux maritimes mondiaux des années 1940 aux années 2010
- Émergence de nouvelles données maritimes radar et satellite, évolution des outils d'analyse et de la puissance de calcul informatique
- **Méconnaissance de l'évolution spatio-temporelle du commerce maritime mondial à long-terme et de la position des villes portuaires dans ce réseau dynamique : le projet ERC World Seastems**

# L'ERC World Seastems : 3 axes thématique et 1 axe transversal

1. Structure et évolution du réseau maritime mondial
2. Régionalisation des échanges, chocs et bifurcations
3. Coévolution des villes et du commerce maritime
4. **Géovisualisation des routes / flux maritimes**

# Détail des sources



**Une source principale inédite : le corpus d'archives de la Lloyd's, 1<sup>er</sup> assureur mondial**  
*Matrice mondiale évaluée et orientée de mouvements interportuaires quotidiens*

# Le Lloyd's Shipping Index

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

VESSEL—Owner	Flag	Reg.	Year	Tons		From	For	Latest Report
				Gross	Net			
A. C. Bedford (tank) (J.O.C.)	Am	*K	18	9485	5899	Tampico	Colon	Ar Mar 25
A. K. Fernström	Sw	*	02	868	433	Rouen Mar 9 & Leith Mar 13	Norrköping	Ar Mar 22
A. L. Kent (Mystic)	Am	*K	29	5849	3864	Boston Mar 16	Sewalls Point	Ar Mar 18
A. Wicander (Svea)	Sw	v	91	943	661	Rouen Mar 28	Antwerp & Stockholm	Ar Antwerp Mar 8
Aachen (N.D.L.)	Ge	a	23	6274	3872	Yokohama Mar 19	Bremen	Ar Dairen Mar 27
Aagot	No	*	06	3595	2289	New York Mar 27	Nicolaieff	Ar Hampton Rds
Aagtekerk (Verenigde)	Du	*	15	8964	5581	Brisbane Mar 21	Dunkirk	
Aalborg (Hansen, C. K.)	Da	y	20	1258	723	Huelva Mar 27	Hamburg	
Aalsum (Vinke)	Du	*	22	5422	3206	New York Mar 28	Odessa	
Aarsten (motor) .. Composite	No	x	18	439	238	Goole Mar 21	Fredrikshald	Ar Mar 25
Aase (Torm)	Da	c	24	1206	712	Valencia Mar 27	—	
Aba (motor) (E.D. & Co.)	Br	*	18	7937	4596	Lagos Feb 27	Liverpool	Ar Mar 15—In pt
Abadessa (Furness)	Br	*	16	6372	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 (Walford)	Br	*	04	2592	1830	Bordeaux	Newport	Ar Mar 30
Abbas (Clarke)	Br	*	11	1430	826	Portsmouth Mar 29	Tyne	Ar Mar 31
Abbassieh (Khedival)	Br	v	89	2784	1708	Constantinople Mar 18 (old)	Alexandria	Ar Mar 22
Abbasia (Triestino)	It	i	12	3839	2314	Trieste Mar 18	Burghaz Sd	Corfu Mar 24

LSI, Édition du 1<sup>er</sup> Avril 1925

# Le Lloyd's Shipping Index

- Publication (généralement) quotidienne entre 1880 et 2008
- Informations diverses sur les navires
- Porte uniquement sur le dernier trajet connu



# Le Voyage Record

2 ADL-AIM

LLOYD'S SHIPPING INDEX VOYAGE SUPPLEMENT

[Fri., Apr. 6, 1951.]

<b>Adler (Co)</b> Sd Hamburg Feb 27 Ar Antwerp Mar 1 Sd Antwerp Mar 3 Ar Beirut Mar 17 Sd Beirut Mar 17 Ar Alexandria Mar 20 Sd Alexandria Mar 21 Ar Piraeus Mar 24 Sd Piraeus Mar 24 Ar Suez Mar 26	<b>Adria—cont.</b> Ar Genoa Mar 1 Sd Genoa Mar 12 Ar Bougie Mar 14 Sd Bougie Mar 16 Ar Gothenburg Mar 24	<b>Africa (In)</b> Sd Aden — Ar Port Sudan Feb 10 Sd Port Sudan Feb 10 Ar Suez Feb 13 Sd Suez Feb 19 Ar Port Sudan Feb 23 Sd Port Sudan Feb 26	<b>African Lighting—cont.</b> Ar Lour Marques Feb 7 Sd Lour Marques Feb 9 Ar Dar-es-Salaam Feb 13 Sd Dar-es-Salaam Feb 14 Ar Tanga Feb 15 Sd Tanga Feb 16 Ar Mombasa Feb 19 Sd Mombasa Feb 23 Ar Lour Marques Feb 27 Sd Lour Marques Mar 2 Ar Cape Town Mar 7 Sd Cape Town Mar 7 Ar New York Mar 26 Sd New York Apr 1 Ar Boston Apr 2	<b>Africana (Pa)</b> Sd Baltimore Feb 18 Ar Jucaro Feb 23 Sd Jucaro Mar 8 Ar Casilda Mar — Sd Casilda Mar —	<b>Agia Varvara (Gr)</b> Sd Piraeus Mar 21 Ar Sfax Mar 25 Sd Sfax Mar 27
<b>Admiral de Ruyter (Du)</b> Sd Portland Mar 19 Ar Glasgow Mar 22 Sd Glasgow Mar 27 Ar Lowest Mar 31 Sd Lowest Apr 1	<b>Adriatic (Gr)</b> Sd Maracaibo Mar 16 Ar Caripito Mar 20 Sd Caripito Mar 22 Ar Demerara Mar 25 Sd Demerara Mar 26 Ar Paramaribo Mar 27 Sd Paramaribo Mar 29	<b>Africa Occidental (Po)</b> Sd Bordeaux Mar 6 Ar Belfast Mar 9 Sd Belfast Mar 14 Ar Cardiff Mar 16 Sd Cardiff Mar 20 Ar Lisbon Mar 24	<b>African Moon (Am)</b> Sd Baltimore Mar 2 Ar Hampton Bds Mar 3 Sd Hampton Bds Mar 4 Ar Philadelphia Mar 5 Sd Philadelphia Mar 7 Ar New York Mar 8 Sd New York Mar 13 Ar Walvis Bay Mar 30 Sd Walvis Bay Apr 2 Ar Cape Town Apr 3 Sd Cape Town Apr 5	<b>Agamemnon (Br)</b> Sd Philadelphia Nov 15 Ar New York Nov 16 Sd New York Nov 21 Ar Hampton Rds Nov 22 Sd Hampton Rds Nov 23 Ar Charleston Nov 24 Sd Charleston Nov 25 Put back Charleston Nov 27	<b>Agiena (Du)</b> Sd London Feb 7 Ar Rotterdam Feb 7
<b>Admiral Nelson (Du)</b> Sd Barry Mar 23 Ar Guernsey Mar 25 Sd Guernsey Mar — Ar London Mar 30 Sd London Mar 30	<b>Adula (tank) (Br)</b> Sd Pulo Sambu Mar 2 Ar Fremantle Mar 11 Sd Fremantle Mar 17 Ar Singapore Mar 23	<b>African Crossin (Am)</b> Sd Savannah Mar 23 Ar Charleston Mar 23 Sd Charleston Mar 24 Ar Baltimore Mar 26 Sd Baltimore Mar 26 Ar Philadelphia Mar 27 Sd Philadelphia Mar 28 Ar New York Mar 29 Sd New York Apr 1	<b>African Patriot (Am)</b> Sd Baltimore Mar 2 Ar Hampton Bds Mar 3 Sd Hampton Bds Mar 4 Ar Philadelphia Mar 5 Sd Philadelphia Mar 7 Ar New York Mar 8 Sd New York Mar 13 Ar Walvis Bay Mar 30 Sd Walvis Bay Apr 2 Ar Cape Town Apr 3 Sd Cape Town Apr 5	<b>Agios Georgios (Gr)</b> Sd Odessa Mar 25 Ar Istanbul Mar 17 Sd Istanbul Mar 17 Ar Algiers Mar 26 Sd Algiers Mar 27	<b>Agios Georgios V (tank) (Gr)</b> Sd Sidon Mar 27 Ar Port Said Mar 28 Sd Port Said Mar 28 Ar Ceuta Apr 2 Sd Ceuta Apr 2
<b>Admiral Chase (Br)</b> Sd Sydney Mar —	<b>Advance (Fj)</b> Sd Hull Mar 14 Ar Gibraltar Mar 24 Sd Gibraltar Mar 24 Ar Malta Mar 29 Sd Malta Apr 3	<b>African Dawn (Am)</b> Sd Baltimore Mar 15 Ar New York Mar 16 Sd New York Mar 17 Ar Dakar Mar 28 Sd Dakar Mar 28 Ar Freetown Mar 29 Sd Freetown Mar 31 Ar Monrovia Apr 1	<b>African Pilgrim (Am)</b> Sd Baltimore Mar 24 Ar New York Mar 25 Sd New York Mar 27	<b>Agios Spyridon (Gr)</b> Sd Genoa Mar 10 Ar Sfax Mar 11 Sd Sfax Mar 15 Ar Bona Mar 18 Sd Bona Mar — Ar Dakar Mar 20 Sd Dakar Mar 30	<b>Agios Vlasios (Gr)</b> Sd Ipswich Mar 17 Ar Mar 29 Ar Casablanca Mar 25
<b>Admiral Codrington (Br)</b> Sd London Jan 31 Ar Thames Haven Jan 31 Sd Thames Haven Jan 31 Ar Curacao Feb 22 Sd Curacao Feb 23 Pd Panama Canal Feb 25 Ar Seattle Mar 14 Sd Seattle Mar 31	<b>Advise (Br)</b> Sd Glasgow Jan 18 Ar Liverpool Jan 20 Sd Liverpool Mar 1 Ar Port Said Mar 12 Sd Port Said Mar 13 Ar Port Sudan Mar 16 Sd Port Sudan Mar 17 Ar Aden Mar 20 Sd Aden Mar 20 Ar Mombasa Rds Mar 27 Ar Mombasa Apr 3	<b>African Endeavour (Am)</b> Sd Charleston Jan 24 Ar Baltimore Jan 27 Sd Baltimore Jan 27 Ar Philadelphia Jan 28 Sd Philadelphia Jan 30 Ar New York Jan 31 Sd New York Feb 3 Ar Cape Town Feb 20 Sd Cape Town Feb 22 Ar Port Elizabeth Feb 23 Sd Port Elizabeth Feb 26 Ar East London Feb 27 Sd East London Feb 27 Ar Durban Feb 28 Sd Durban Mar 4 Ar Lour Marques Mar 5 Sd Lour Marques Mar 7 Ar Durban Mar 8 Sd Durban Mar 9 Ar East London Mar 10 Sd East London Mar 10 Ar Port Elizabeth Mar 11 Sd Port Elizabeth Mar 11 Ar Cape Town Mar 12 Sd Cape Town Mar 13 Ar New York Mar 29 Sd New York Apr 2	<b>African Pioneer (Am)</b> Sd Savannah Feb 13 Ar Charleston Feb 13 Sd Charleston Feb 13 Ar Baltimore Feb 13 Sd Baltimore Feb 15 Ar Philadelphia Feb 16 Sd Philadelphia Feb 16 Ar New York Feb 18 Sd New York Feb 20 Ar Curacao Feb 25 Sd Curacao Feb 27 Ar Walvis Bay Mar 14 Sd Walvis Bay Mar 15 Ar Cape Town Mar 17 Sd Cape Town Mar 17 Ar Port Elizabeth Mar 20 Sd Port Elizabeth Mar 21 Ar East London Mar 22 Sd East London Mar 22 Ar Durban Mar 23 Sd Durban Mar 26 Ar Lour Marques Mar 27 Sd Lour Marques Mar 29 Ar Beira Mar 30	<b>Agamemnon (Br)</b> Sd Baltimore Feb 18 Ar Jucaro Feb 23 Sd Jucaro Mar 8 Ar Casilda Mar — Sd Casilda Mar —	
<b>Admiral Fraser (Br)</b> Sd Hamburg Mar 16 Ar Bremen Mar 17 Sd Bremen Mar 18 Ar Antwerp Mar 19 Sd Antwerp Mar 21 Ar Amsterdam Mar 22 Sd Amsterdam Mar 25	<b>Aegean (Br)</b> Sd Swansea Feb 24 Ar Port Said Mar 5 Sd Port Said Mar 6 Ar Aden Mar 9 Sd Aden Mar 10 Ar Penang Mar 19 Sd Penang Mar 22 Ar Port Swettenham Mar 22 Sd Port Swettenham Mar 26 Ar Singapore Mar 27 Sd Singapore Apr 1	<b>African Enterprise (Am)</b> Sd Charleston Mar 7 Ar Baltimore Mar 8 Sd Baltimore Mar 11 Ar Philadelphia Mar 11	<b>African Prince (Br)</b> Sd Vancouver Mar 14 Ar New Westminster Mar 14	<b>Agamemnon (Br)</b> Sd New York Mar 31	<b>Agia Varvara (Gr)</b> Sd Piraeus Mar 21 Ar Sfax Mar 25 Sd Sfax Mar 27
<b>Admiral Hardy (Br)</b> Sd Port Swettenham Mar 16 Ar Bangkok Mar — Sd Bangkok Mar 21	<b>Aegle (Pa)</b> Sd Amsterdam Dec 9 Ar Piraeus Dec 21	<b>African Enterprise (Am)</b> Sd Charleston Mar 7 Ar Baltimore Mar 8 Sd Baltimore Mar 11 Ar Philadelphia Mar 11	<b>African Prince (Br)</b> Sd Vancouver Mar 14 Ar New Westminster Mar 14	<b>Agamemnon (Br)</b> Sd New York Mar 31	<b>Agia Varvara (Gr)</b> Sd Piraeus Mar 21 Ar Sfax Mar 25 Sd Sfax Mar 27
<b>Admiral Simiavin (Ru)</b> Sd Novorossiisk — Ar Singapore Rds Mar 31	<b>Afghanistan (tank) (Br) (4249)</b> Ar Parris Mar 24	<b>African Enterprise (Am)</b> Sd Charleston Mar 7 Ar Baltimore Mar 8 Sd Baltimore Mar 11 Ar Philadelphia Mar 11	<b>African Prince (Br)</b> Sd Vancouver Mar 14 Ar New Westminster Mar 14	<b>Agamemnon (Br)</b> Sd New York Mar 31	<b>Agia Varvara (Gr)</b> Sd Piraeus Mar 21 Ar Sfax Mar 25 Sd Sfax Mar 27

# Le Voyage Record

- Publication hebdomadaire entre 1945 et 2008
- Informations sur les navires limitées
- Information sur les trajets plus détaillées

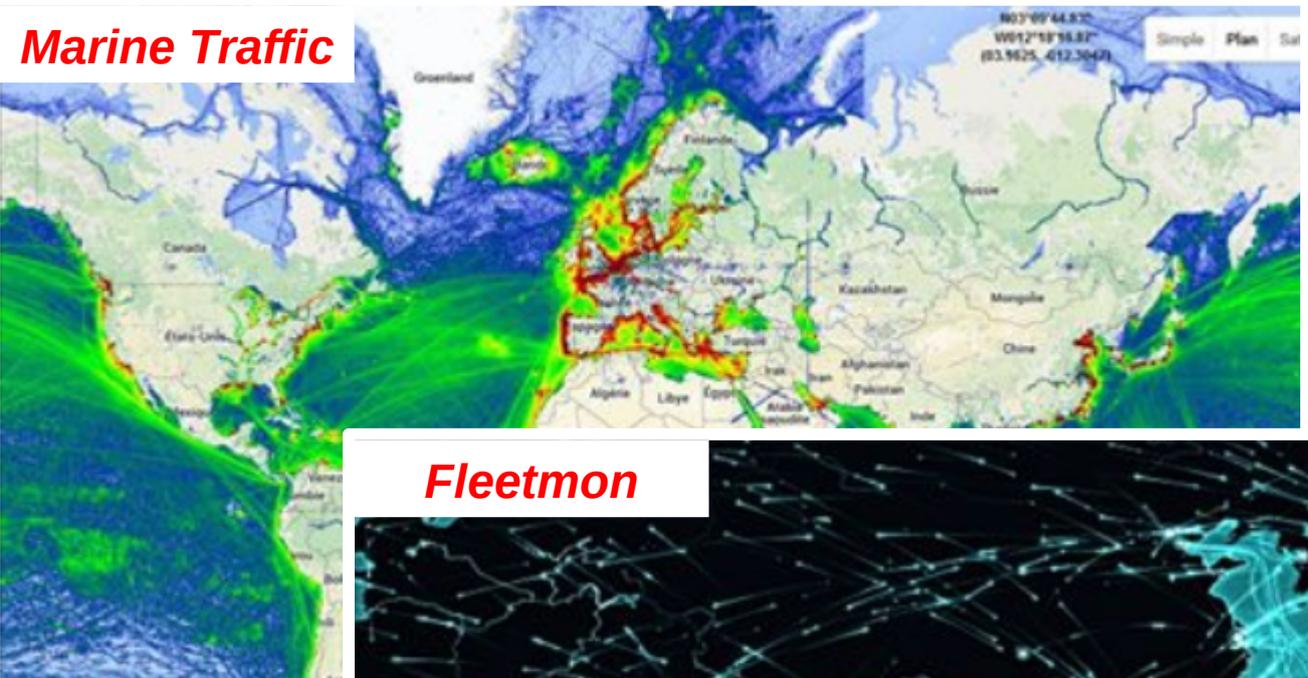
# Constitution de la base de données

- 1 mouvement par navire tous les 5 ans, sur la période 1890-2008, aux alentours d'avril-mai (LSI)
  - Numérisation manuelle et OCR
  - Couplage VR pour la période 1946-2008
- Quatre mois par an, tous les navires 1977-2008, porte-conteneurs 2008-2016
  - Achat de données numériques
- À terme, 4 mois par an, sur la période 1880-2008
  - Numérisation par un prestataire
  - OCR avec un logiciel développé pour l'occasion

# Nature et contexte scientifique

- Absence frappante d'une cartographie précise et rigoureuse des flux maritimes mondiaux des années 1940 aux années 2010
- Emergence de nouvelles données maritimes radar et satellite, évolution des outils d'analyse et de la puissance de calcul informatique
- Méconnaissance de l'évolution spatio-temporelle du commerce maritime mondial et de la position des villes portuaires dans ce réseau dynamique : le projet ERC World Seastems
- **Recrudescence des visualisations en ligne de données maritimes variées : approches dispersées et analyses superficielles**

# Marine Traffic



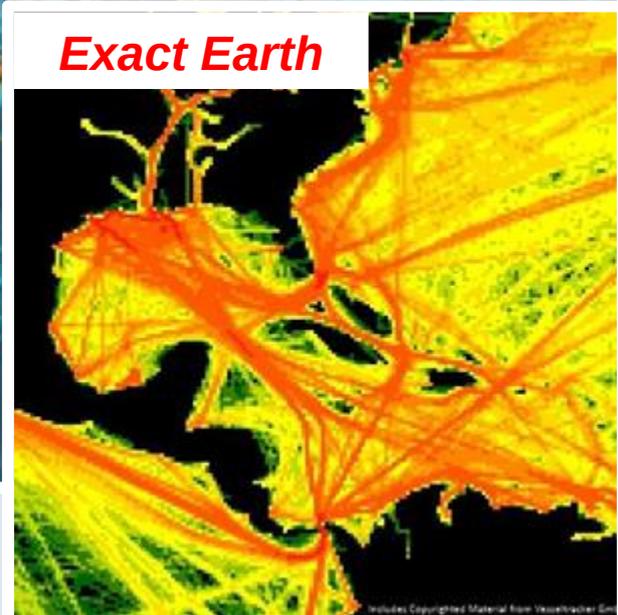
## Fleetmon



## Shipmap



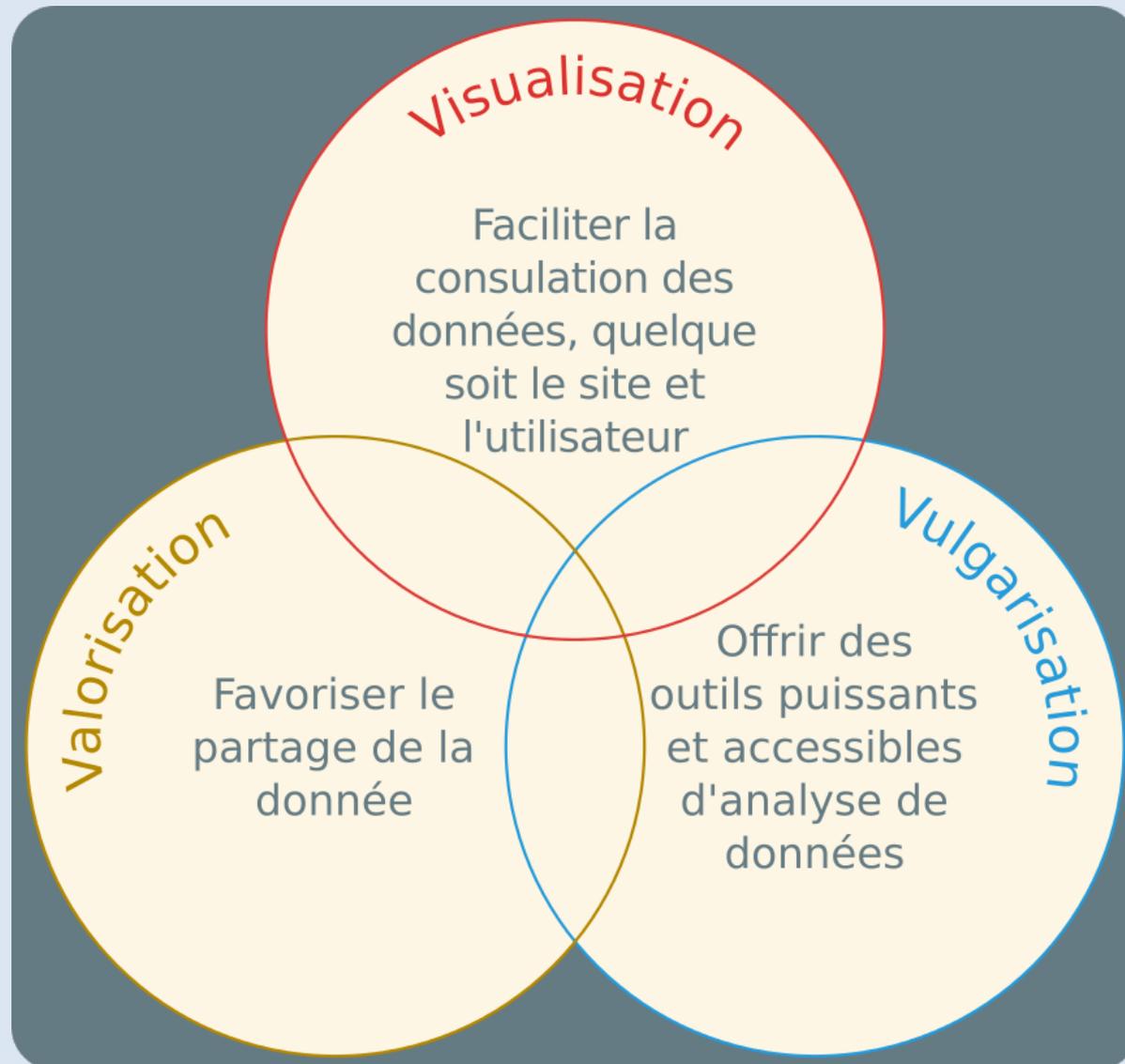
## Exact Earth



# Nature et contexte scientifique

- Absence frappante d'une cartographie précise et rigoureuse des flux maritimes mondiaux des années 1940 aux années 2010
- Emergence de nouvelles données maritimes radar et satellite, évolution des outils d'analyse et de la puissance de calcul informatique
- Méconnaissance de l'évolution spatio-temporelle du commerce maritime mondial et de la position des villes portuaires dans ce réseau dynamique : le projet ERC World Seastems
- Recrudescence des visualisations en ligne de données maritimes variées : approches dispersées et analyses superficielles
- **Geoseastems : pourquoi un nouveau geoportail maritime ?**

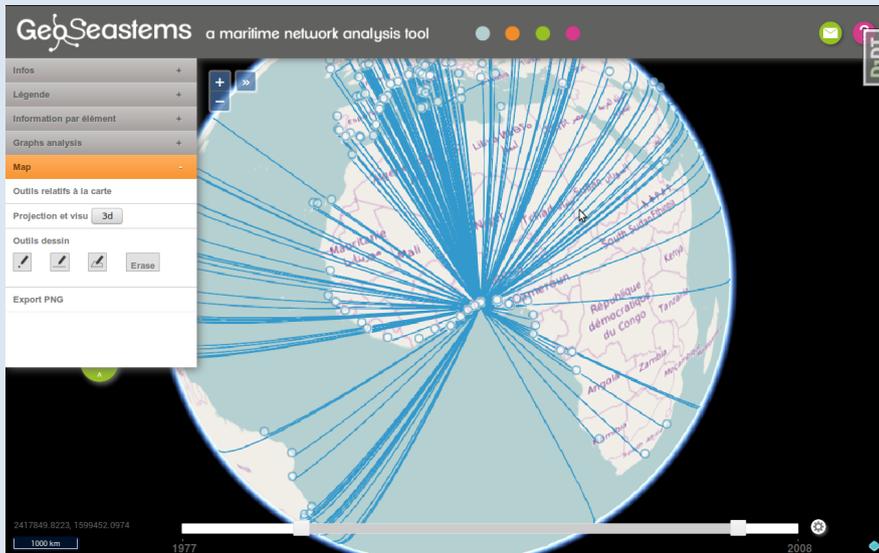
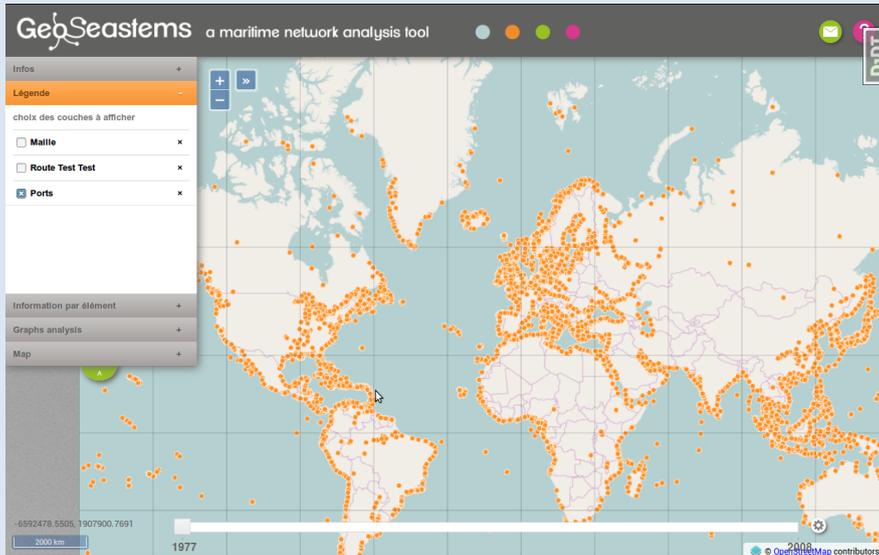
# Geoseastems : pourquoi un (nouveau) géoportail maritime ?



# Choix techniques

- Nécessité de développer des outils *ad hoc*
- Pas de solution « clé en main »
- Utilisation de logiciels libres

# Présentation du site



*De gauche à droite, de haut en bas :*

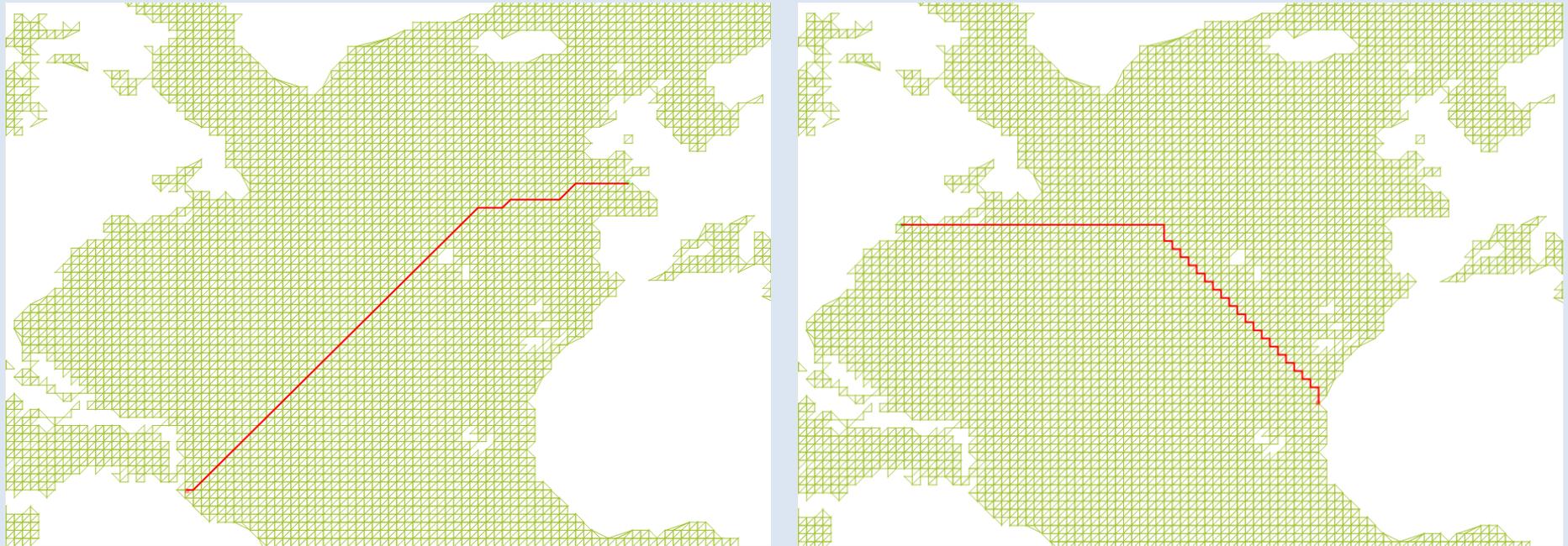
- Cartographie des ports.
- Cartographie des flux.
- Visualisation 3d.

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

# Le problème des trajectoires

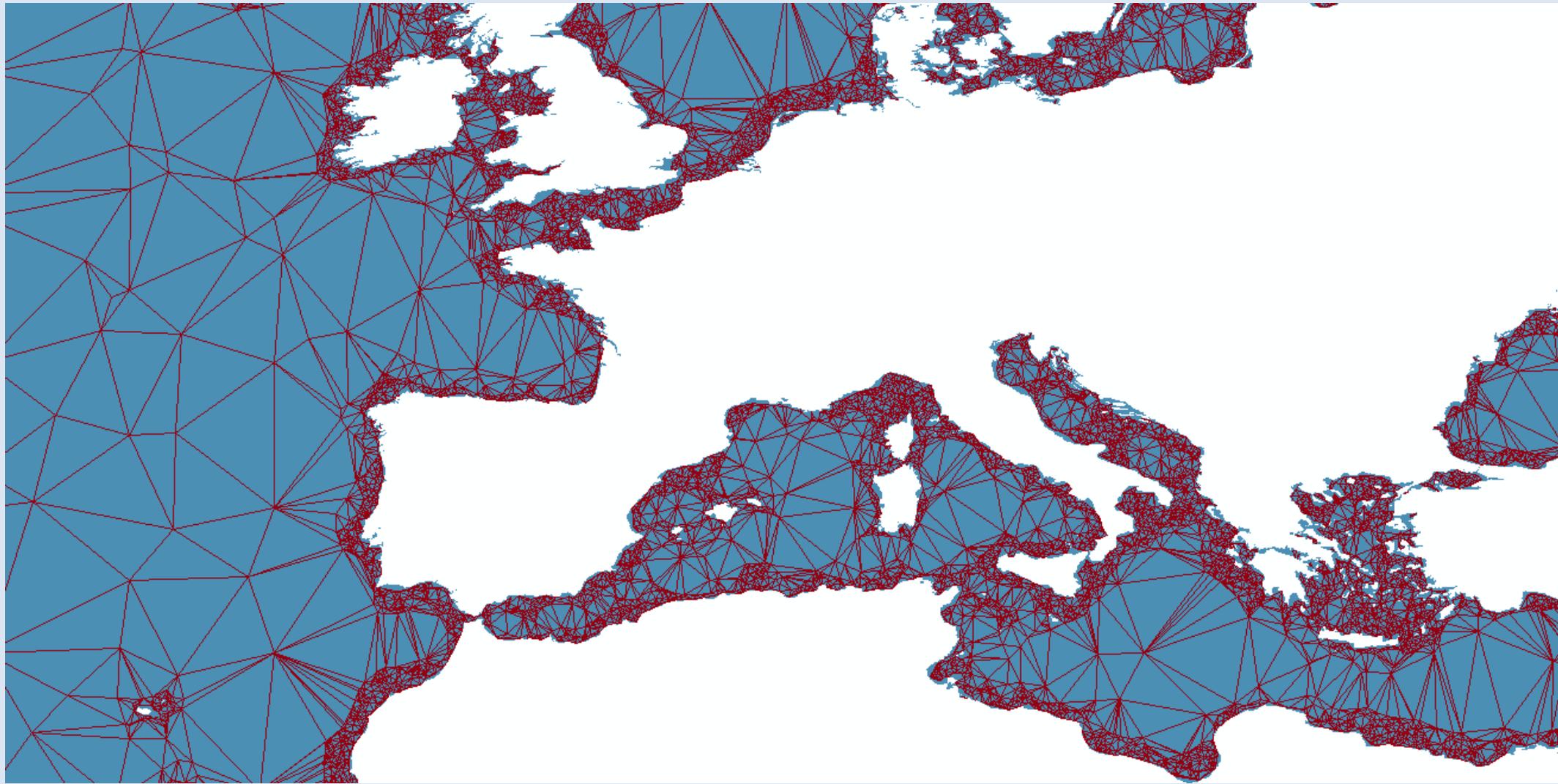
- Pas d'autre information géographique que les ports
- Les routes suivies sont inconnues
- Difficulté de représentation
- Nécessité d'agréger les trajectoires

# Premières expérimentations

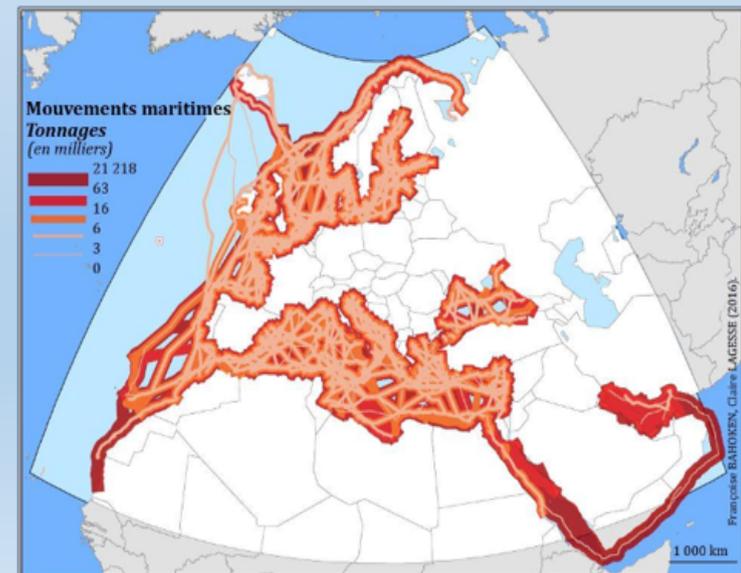
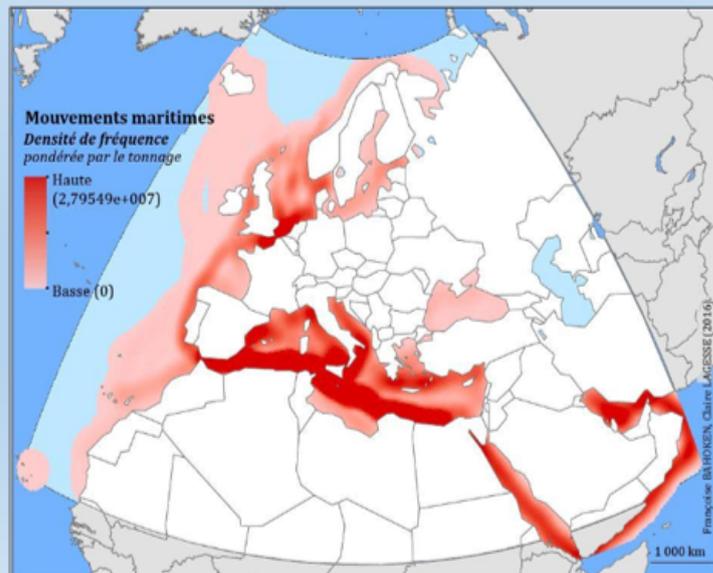
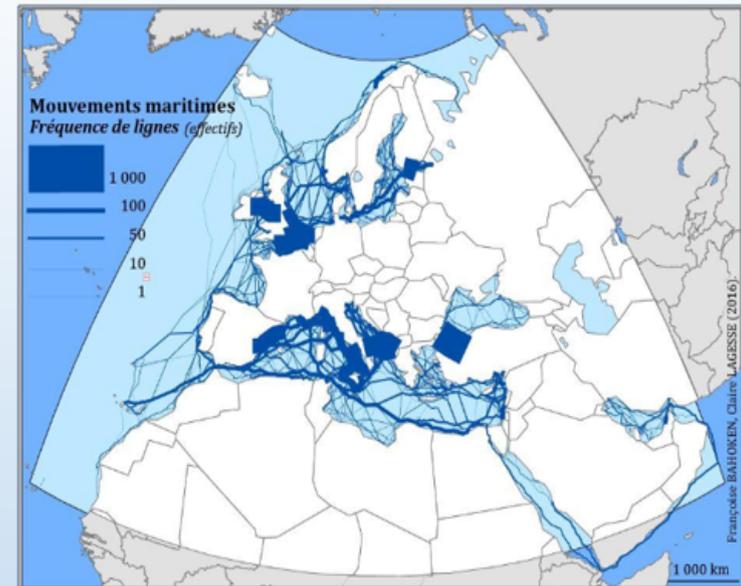
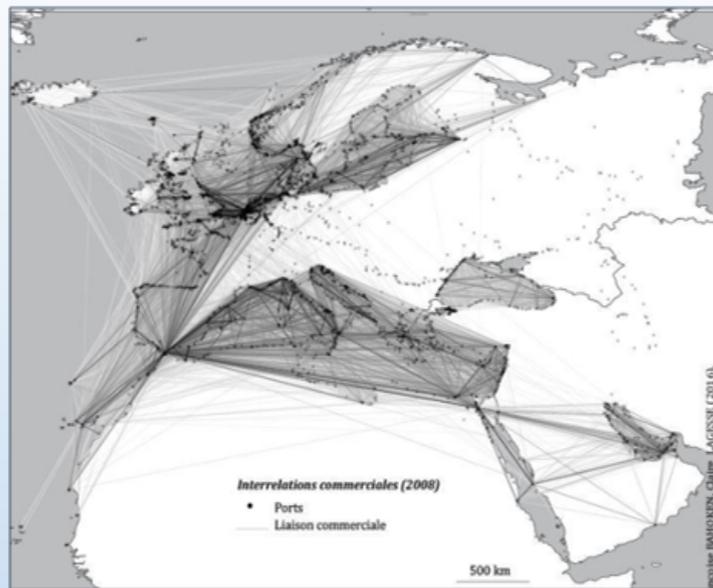


- Maillage régulier + triangulation de Delaunay
- Problème de crénelage de certaines trajectoires

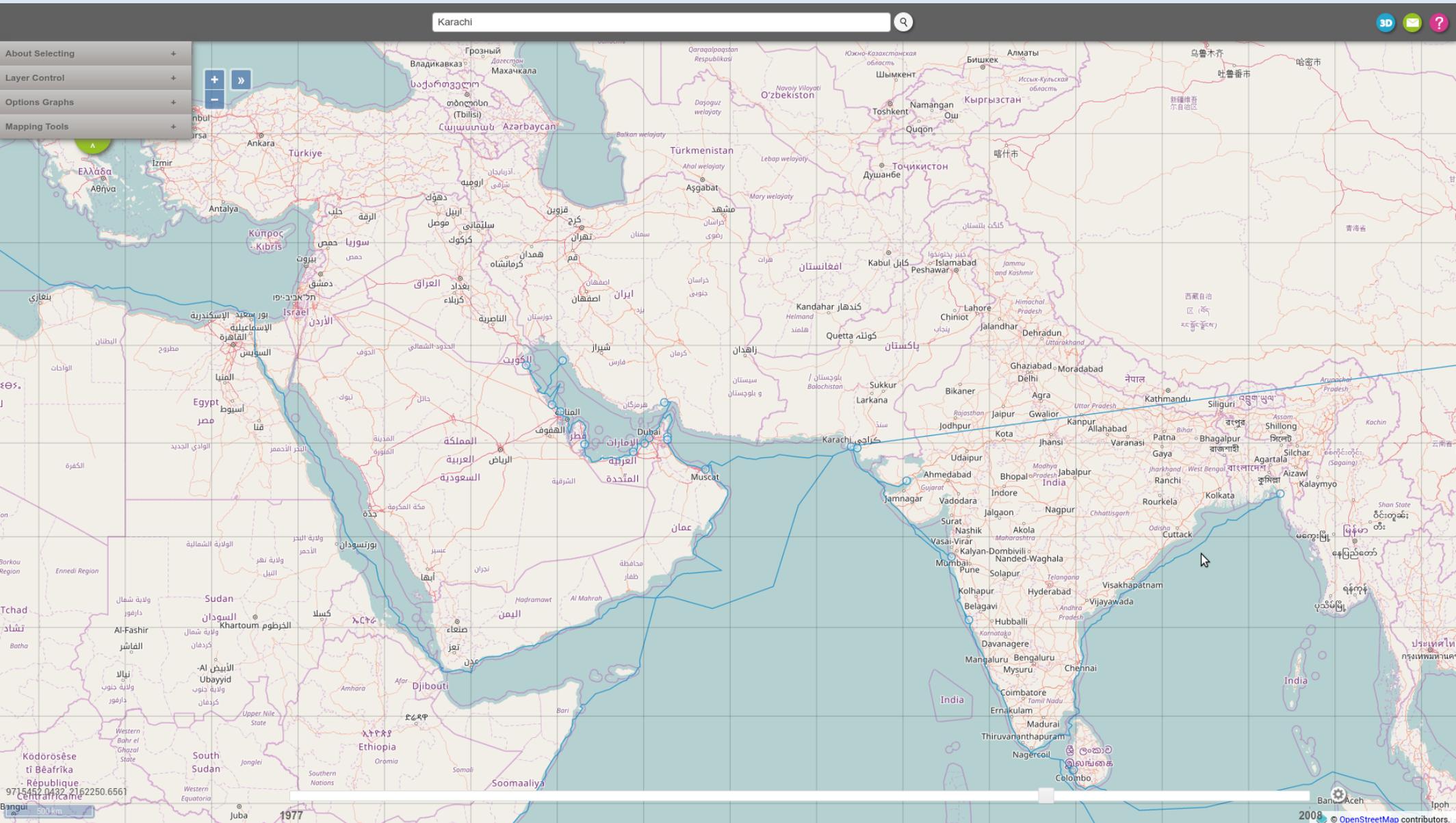
# Seconde approche



# Application de la grille

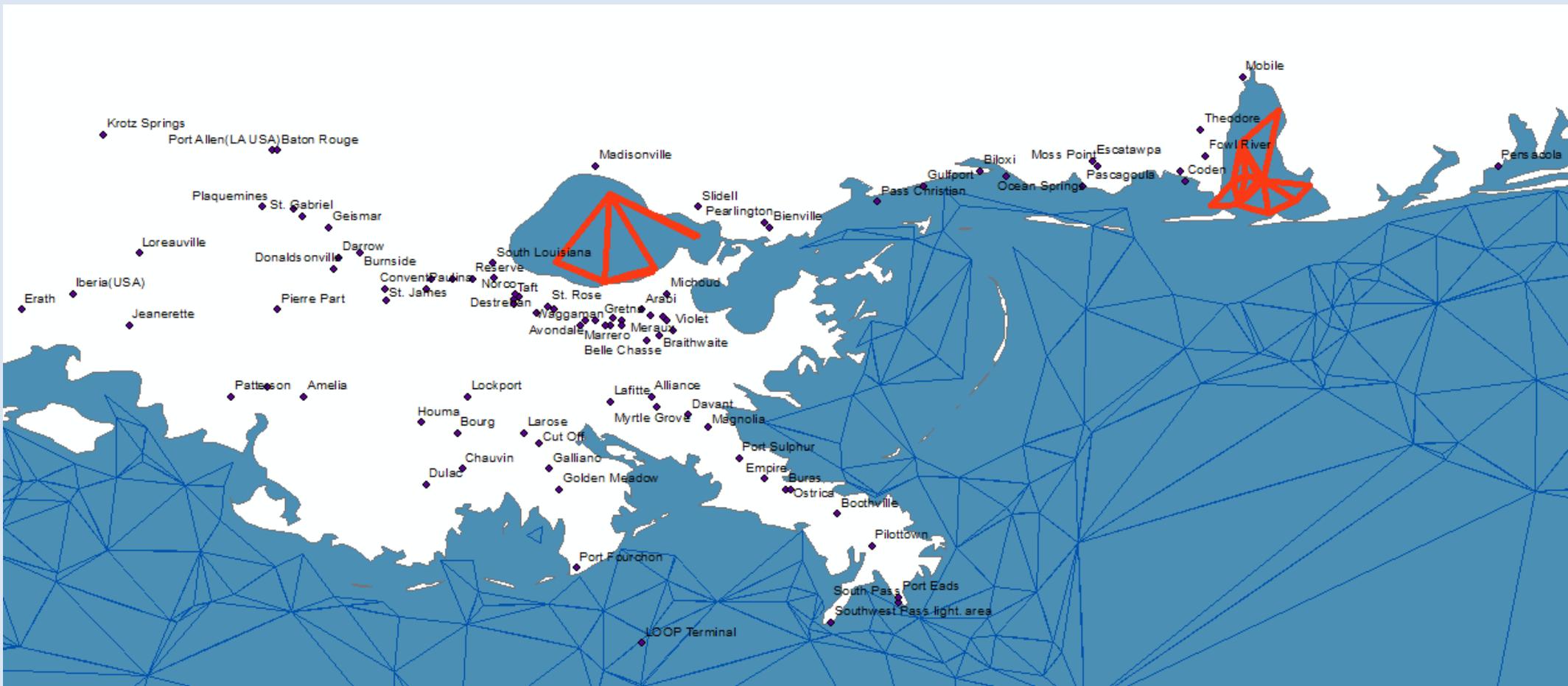


# Intégration au Géoportail



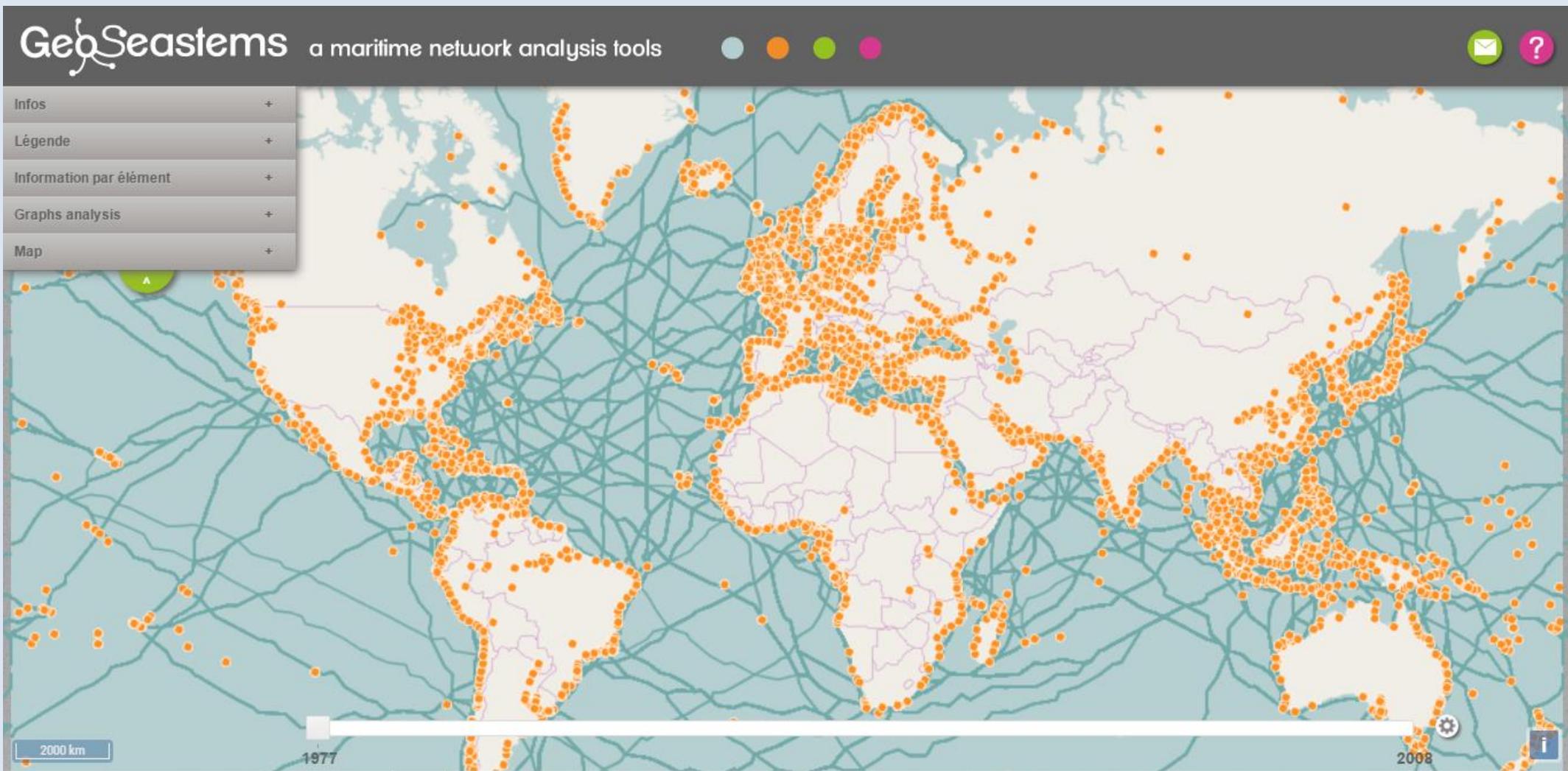
# Limites de l'approche

- Présence de composantes non connexes



# Limites de l'approche

- Problème d'estimation de certaines trajectoires

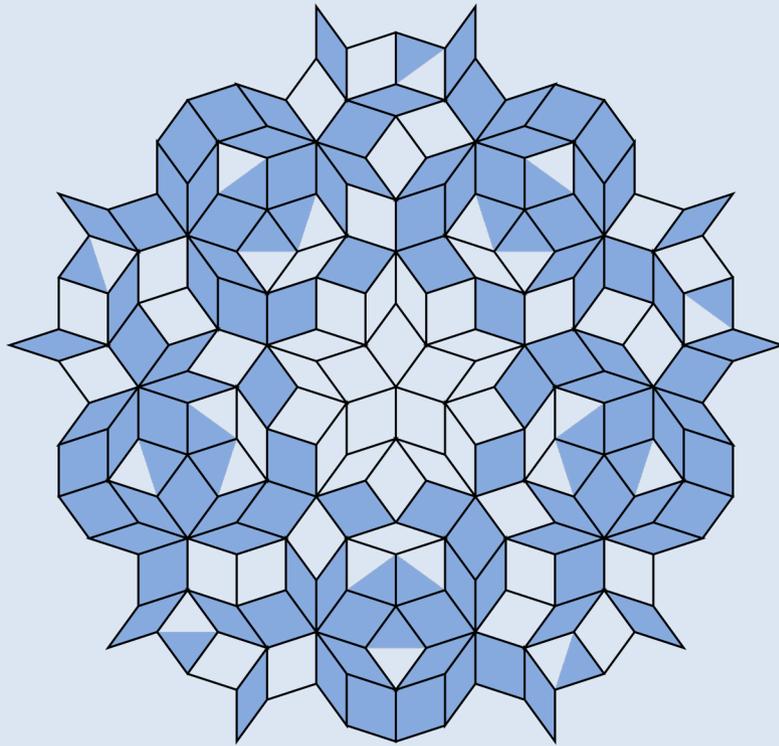


# Limites de l'approche

- Les fleuves et les lacs ne sont pas pris en compte
- Réseau inutilement compliqué
- Présence d'une composante aléatoire dans le processus de création

# Troisième approche

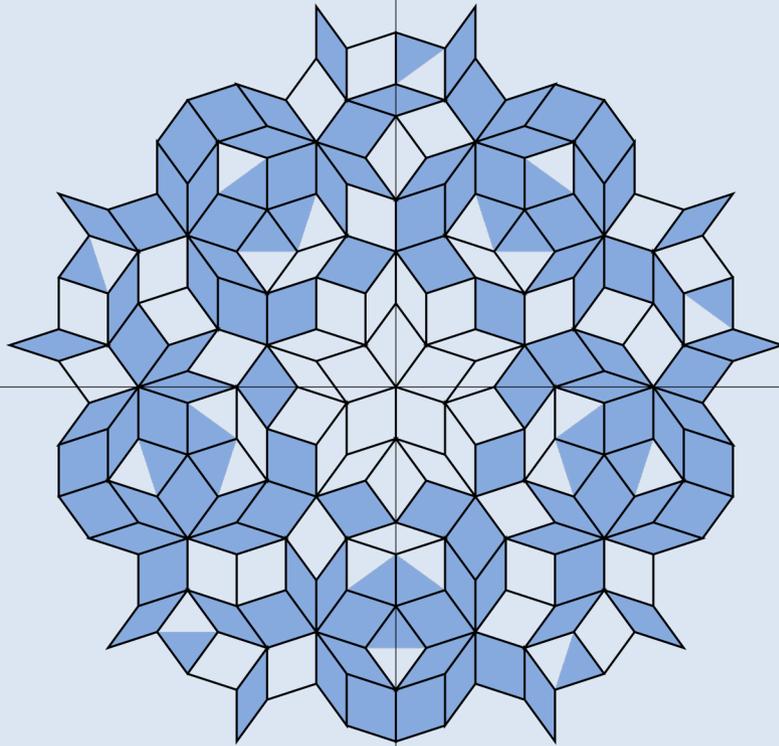
- Objectifs :
  - Créer une grille plus légère
  - Améliorer la distribution des liens
  - Régler le problème des composantes non connexes
  - Proposer une démarche entièrement reproductible



Situation initiale

Cellules max. : 1

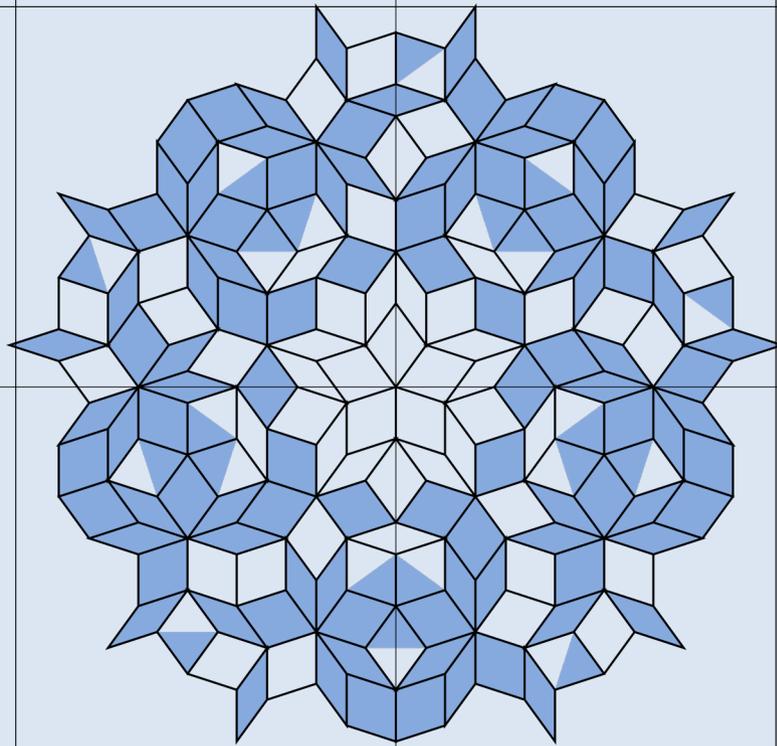
Cellules : 1



Première itération

Cellules max. : 4

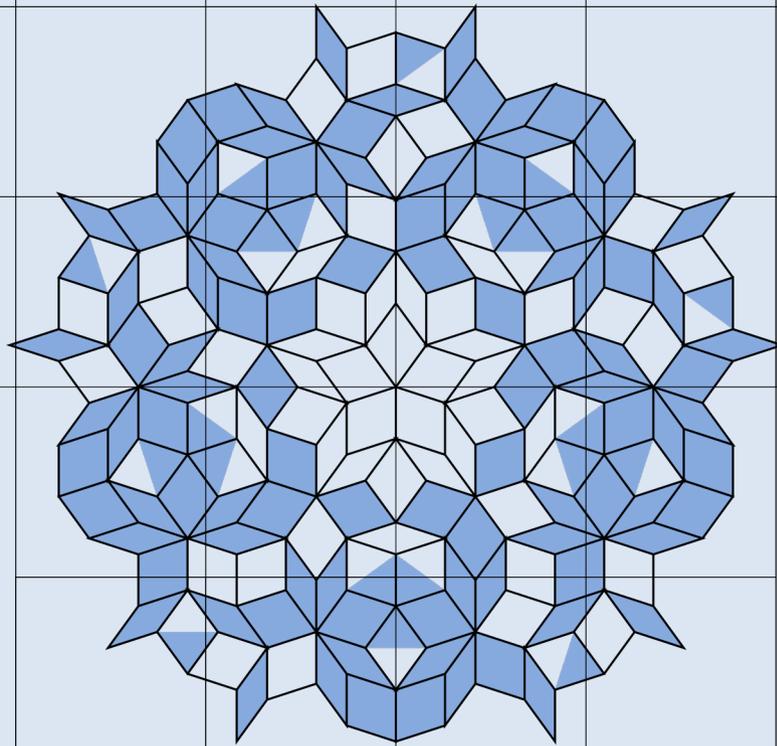
Cellules : 4



Seconde itération

Cellules max. : 16

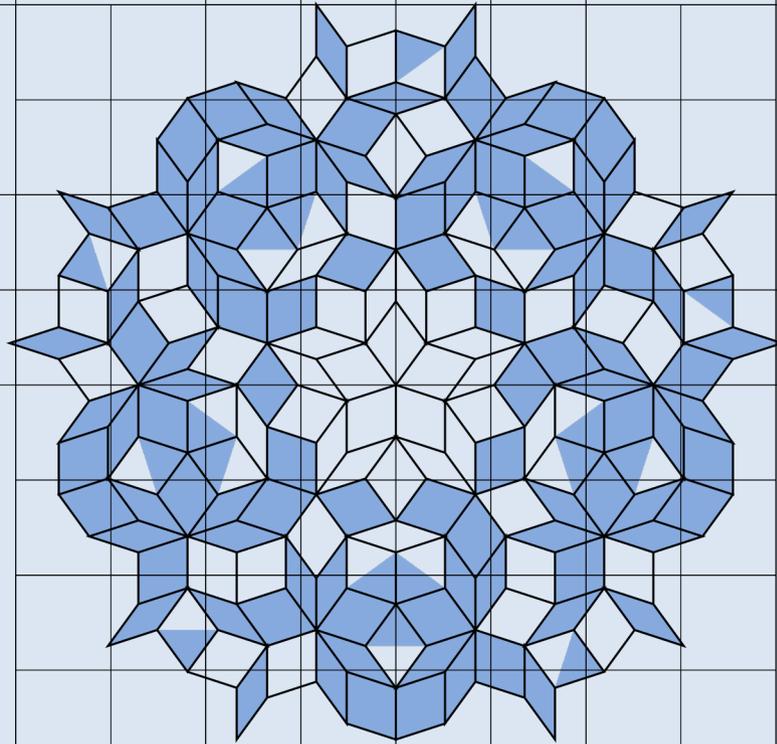
Cellules : 16



Troisième itération

Cellules max. : 64

Cellules : 38

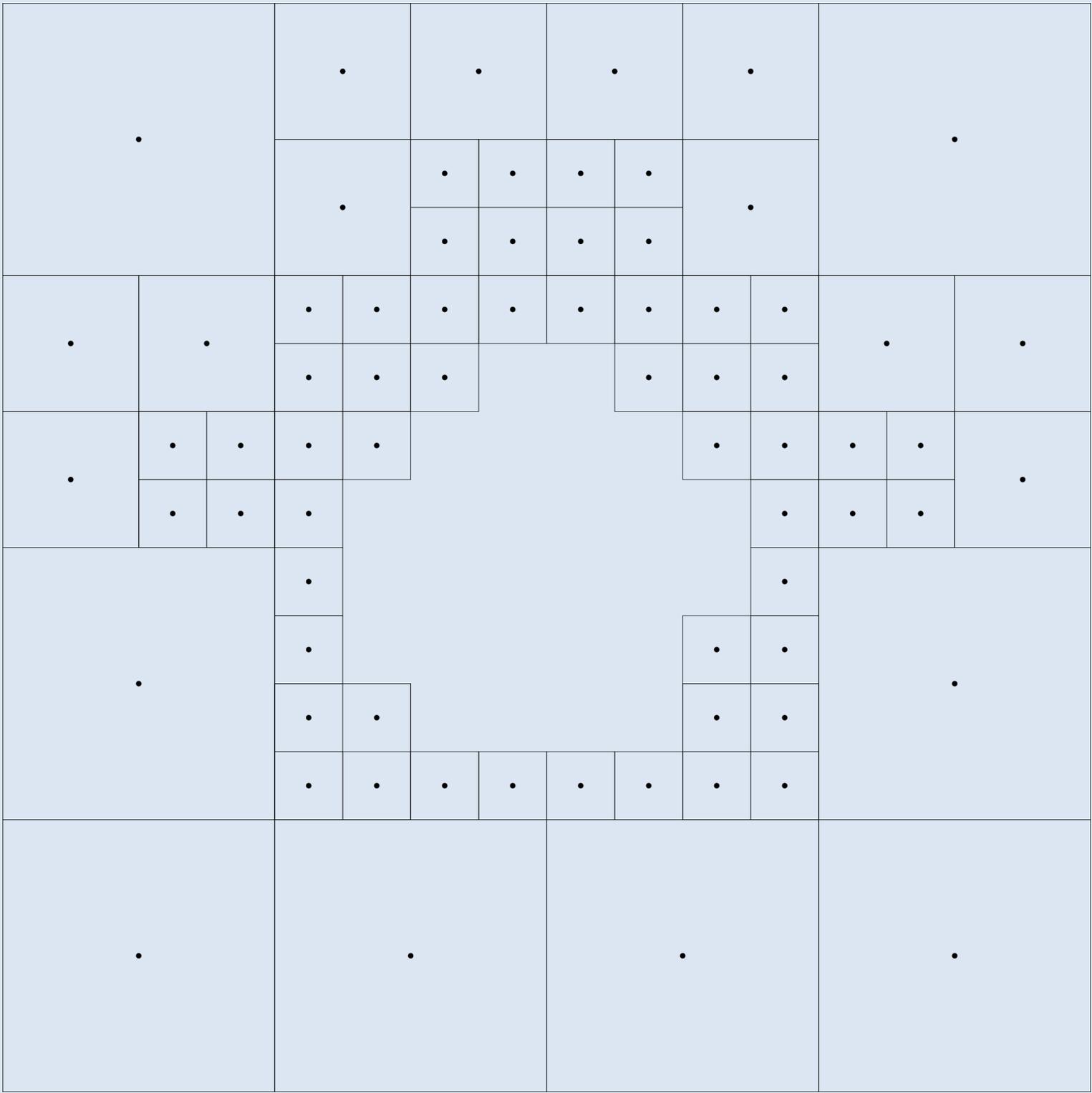


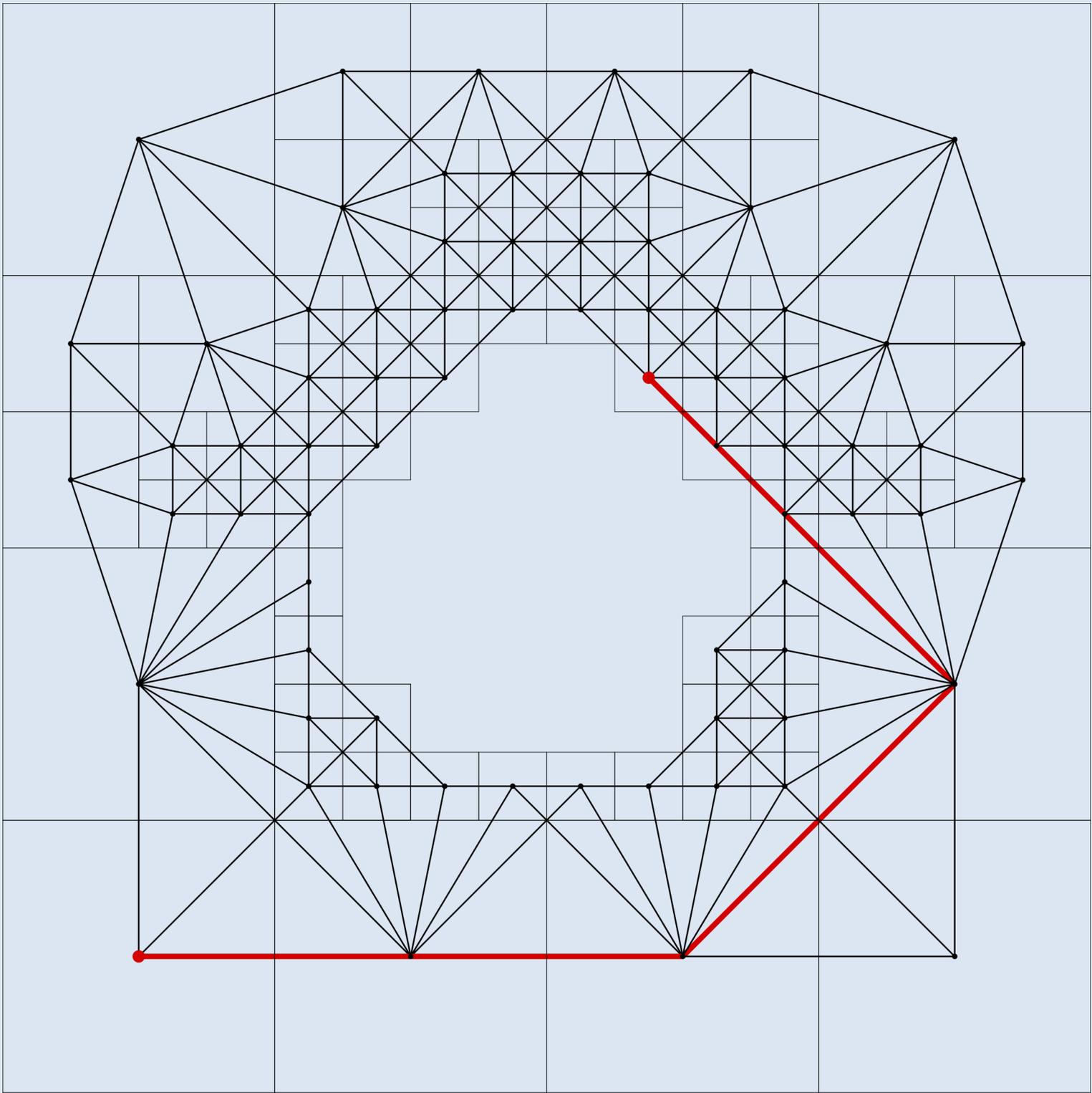
Quatrième itération

Cellules max. : 256

Cellules : 104



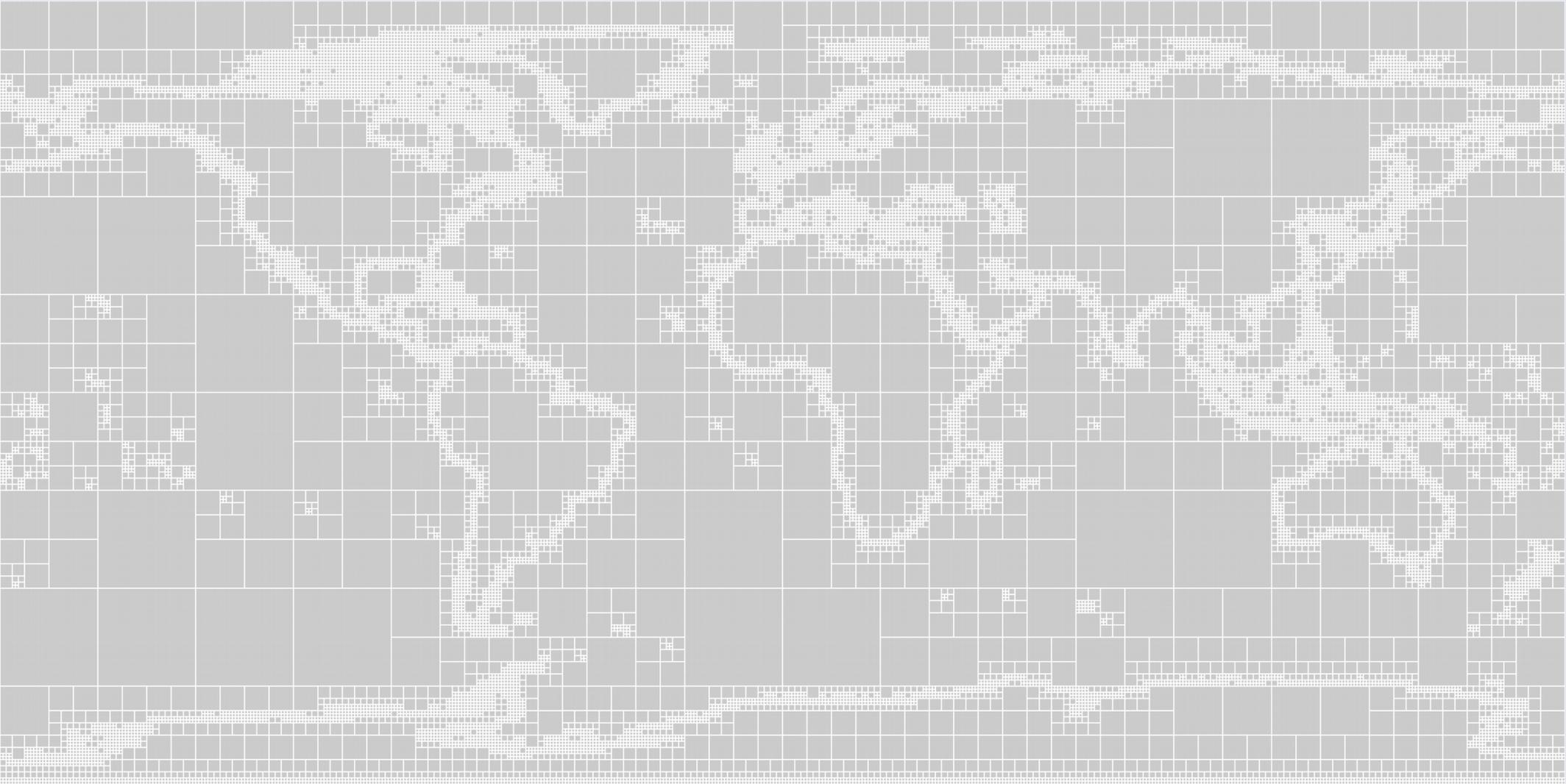




# Application

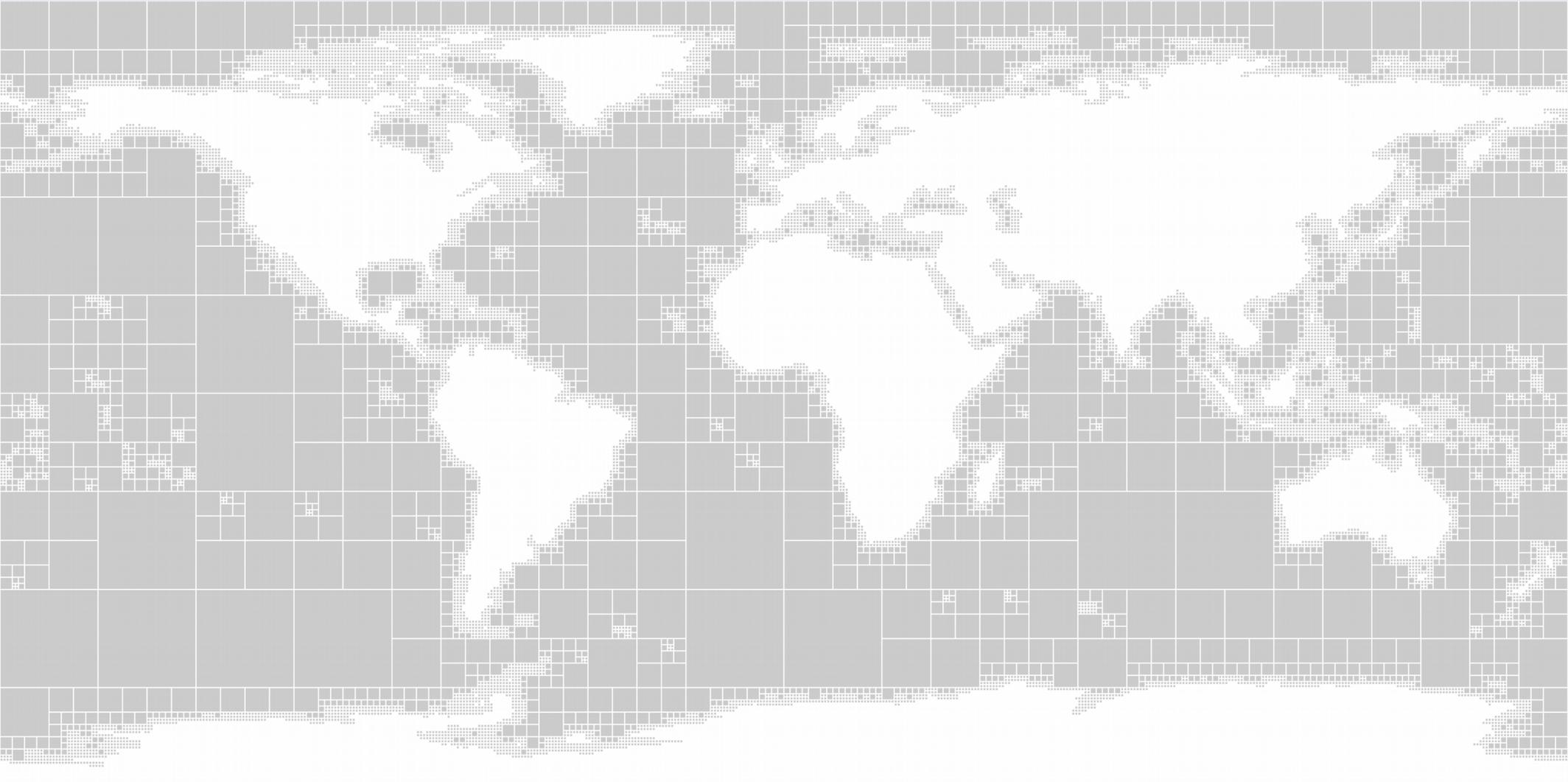
- Utilisation de postgres, postgis (geos, sfcgal), pg\_routing et python
- Sources : Natural earth 1:50m :
  - Continents
  - Lacs
  - Fleuves
  - Ligne de côte

# 1. Génération de la grille



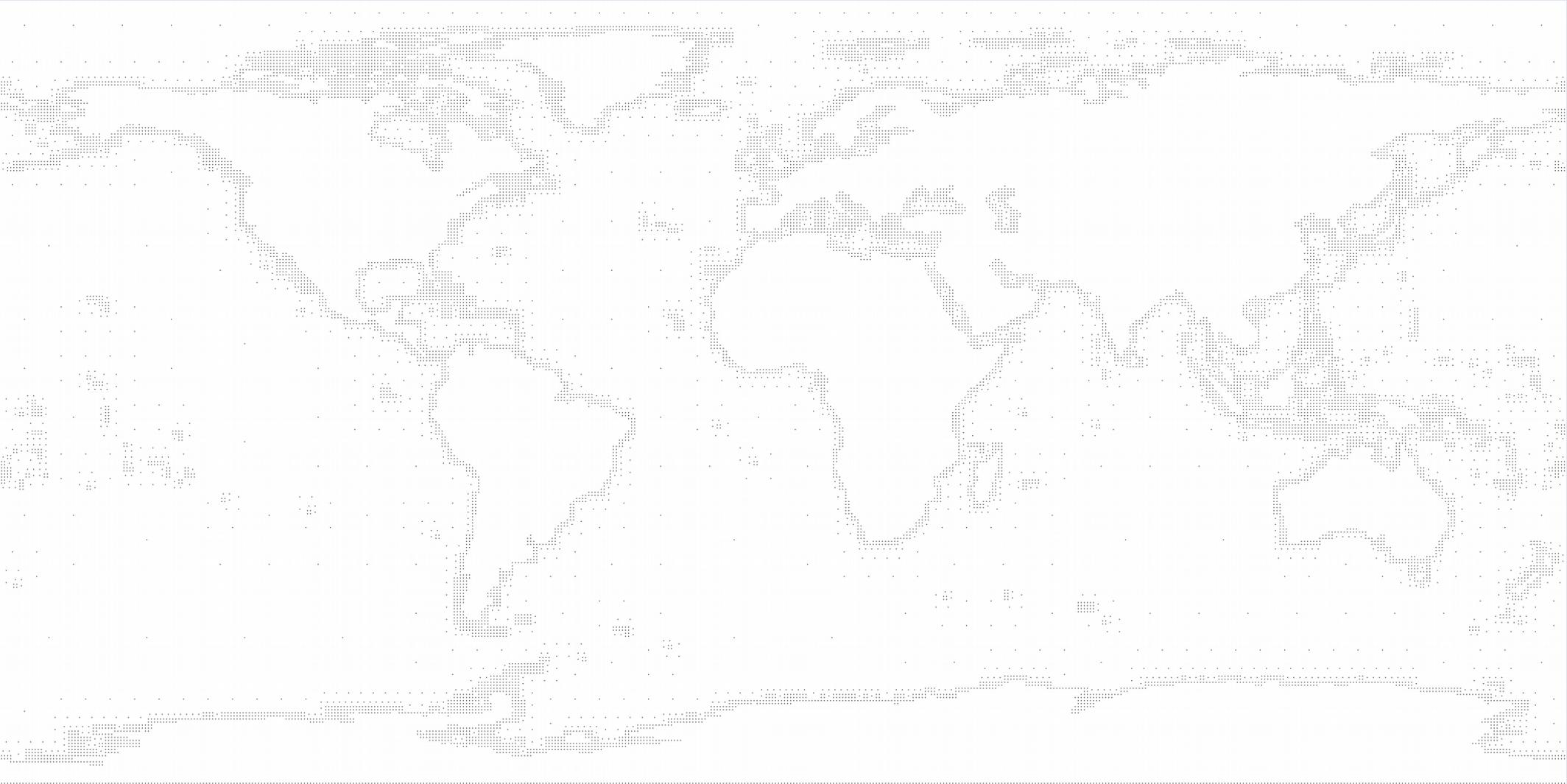
Nombre d'itérations fixé à 7

## 2. Extraction des cellules

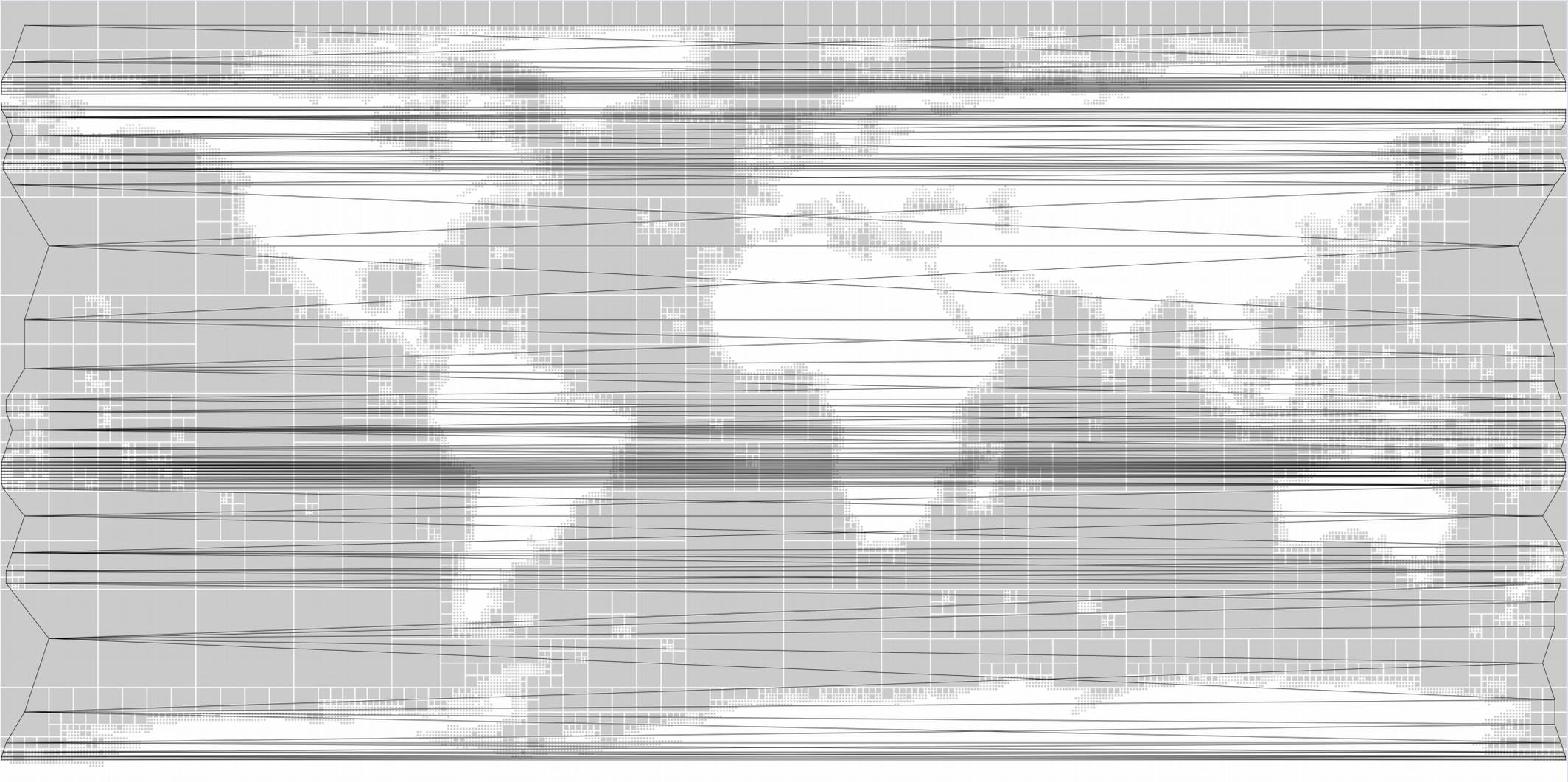


Extraction des cellules *entièrement contenues* dans un continent

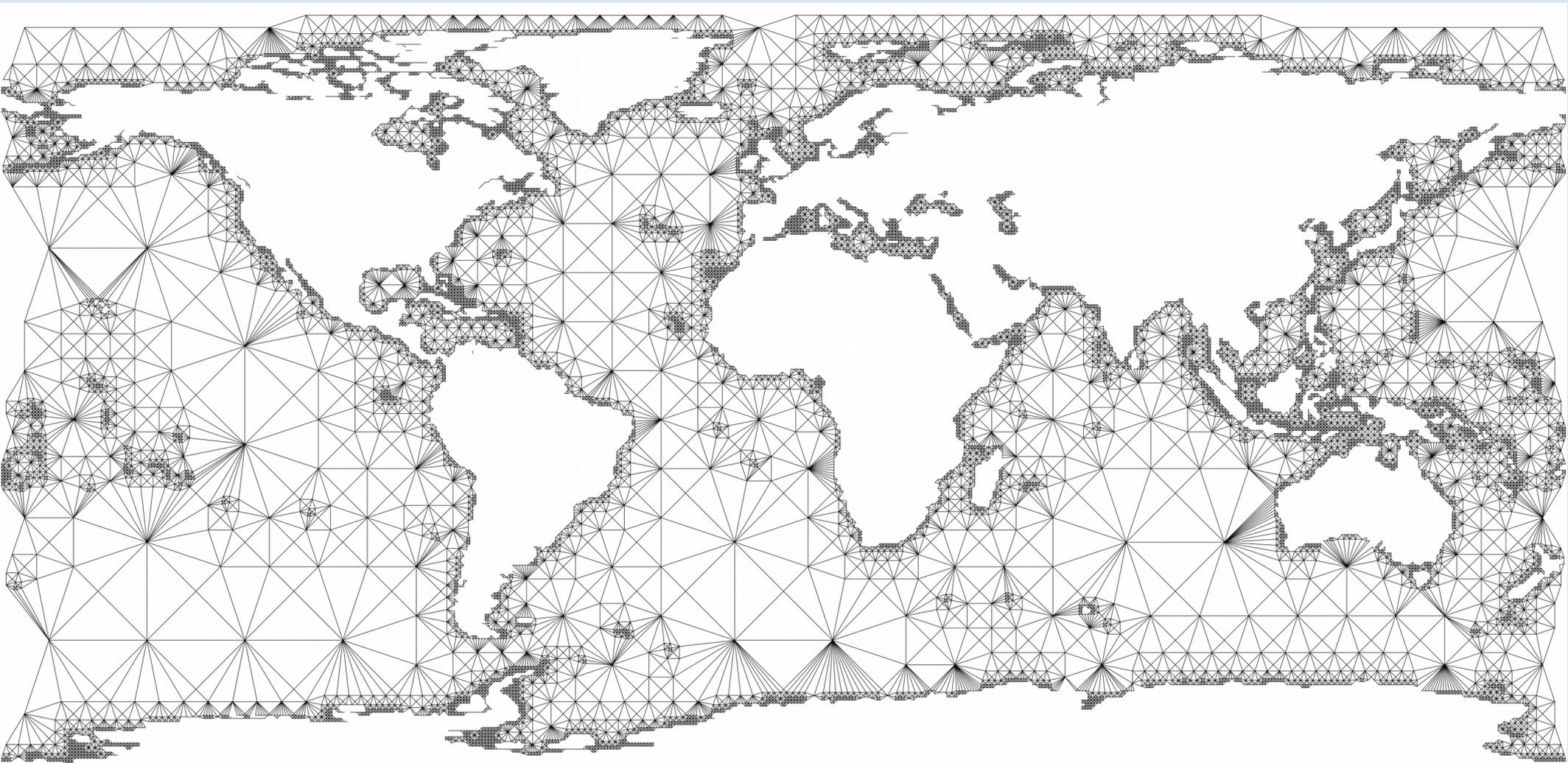
### 3. Extraction des centroïdes



## 4. Création des liens transpacifiques



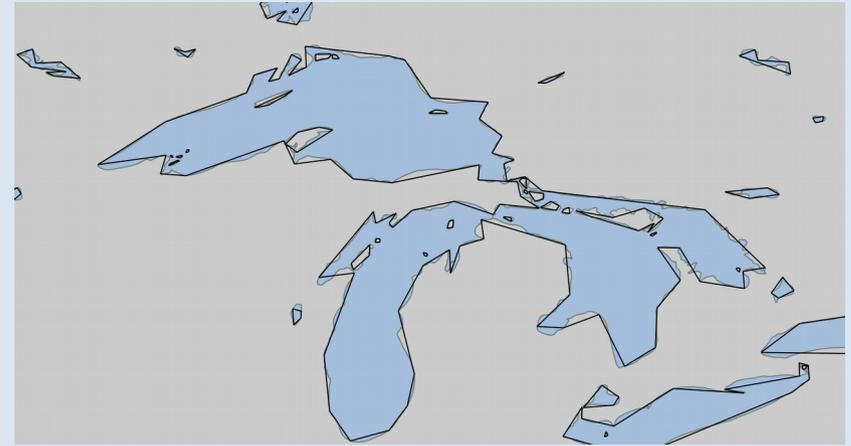
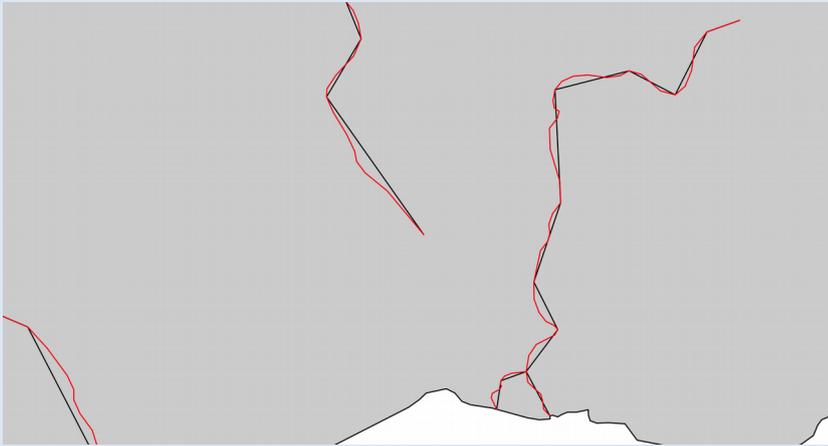
## 5. Création des liens



## 6. Test et correction des anomalies

- Transformation de la grille en graphe (networkx)
- Dénombrement des composantes
- Regroupement des nœuds de la grille selon leur appartenance à une composante
- Création d'un lien entre chaque composante et la composante de taille supérieure la plus proche.

## 7. Généralisation des fleuves et des lacs



- 1. Généralisation des fleuves avec conservation de la topologie
- 2. Généralisation des lacs avec conservation de la topologie
- 3. Extraction du squelette des lacs généralisés



## 8. Création des relations entre couches

- Liens fleuves-lacs
  - Ligne la plus courte entre géométries intersectées
- Liens (fleuves-lacs)-grille
  - Ligne la plus courte entre la grille et les fleuves avec une embouchure située à moins de  $0.05^\circ$  du littoral
- Liens grille-ports
  - Ligne la plus courte entre la grille et le centroïde des clusters de ports (Dbscan)

## 9. Création de la topologie et calcul des coûts

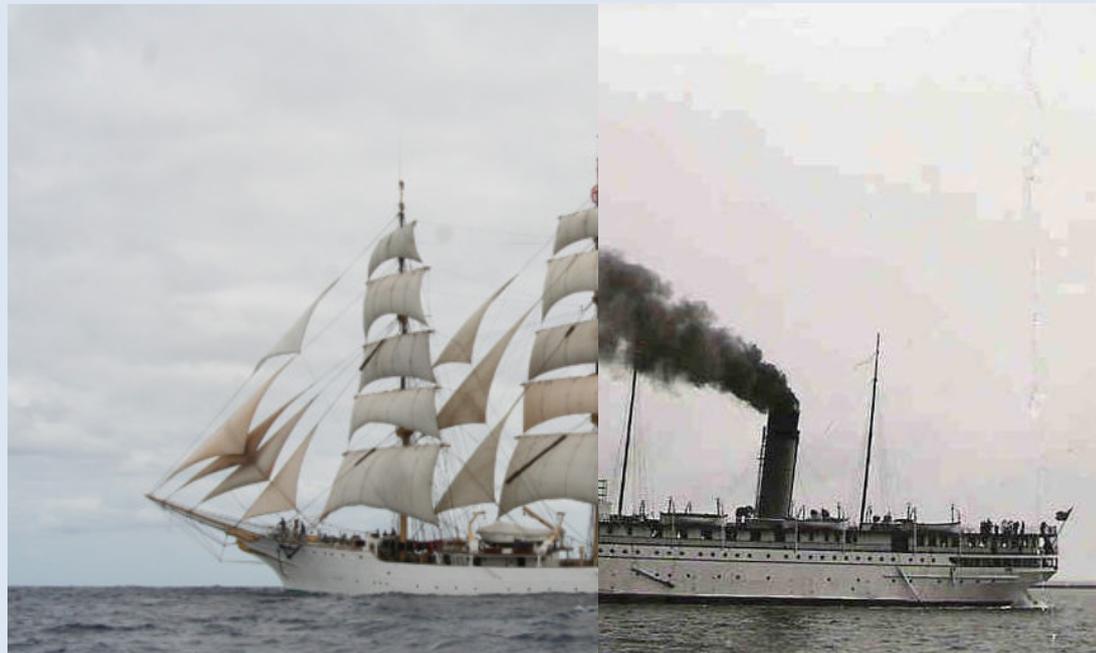
- Création d'un réseau compatible avec `pg_routing`
- Pas d'étape de création de nœuds supplémentaires
- Pondération des liens en fonction de leur longueur
- Translation pour les liens transpacifiques

# Résultats de l'approche

- Réduction d'un facteur 10 du nombre de liens
- Nette augmentation des performances de calcul
- Toute la procédure est scriptée (reproductibilité)
- Encore quelques problèmes de performance (problème d'implémentation)
- Manque de précision par endroits

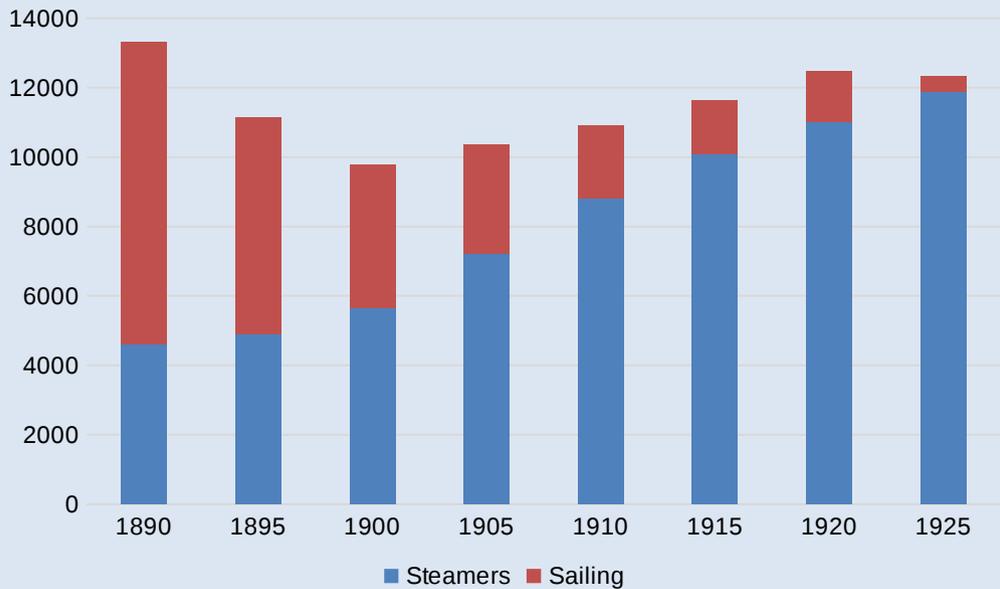
# Voile et vapeur : flux maritimes et hiérarchies portuaires en Méditerranée, 1890-1925

- **Méditerranée** : choix d'un bassin de référence pour tester le géoportail avant de passer au niveau mondial
- **Voile et vapeur** : questionnement sur la diffusion spatio-temporelle de la vapeur vs. disparition de la voile (cf. *débat historiographique sur la rapidité et la spatialité de cette transition, voir Williams & Armstrong, 2012*)
- **Questions plus larges** : évolution technologique d'un graphe / réseau, influence des innovations, diffusion technologique, hiérarchie et spécialisation des villes, dynamiques urbaines...

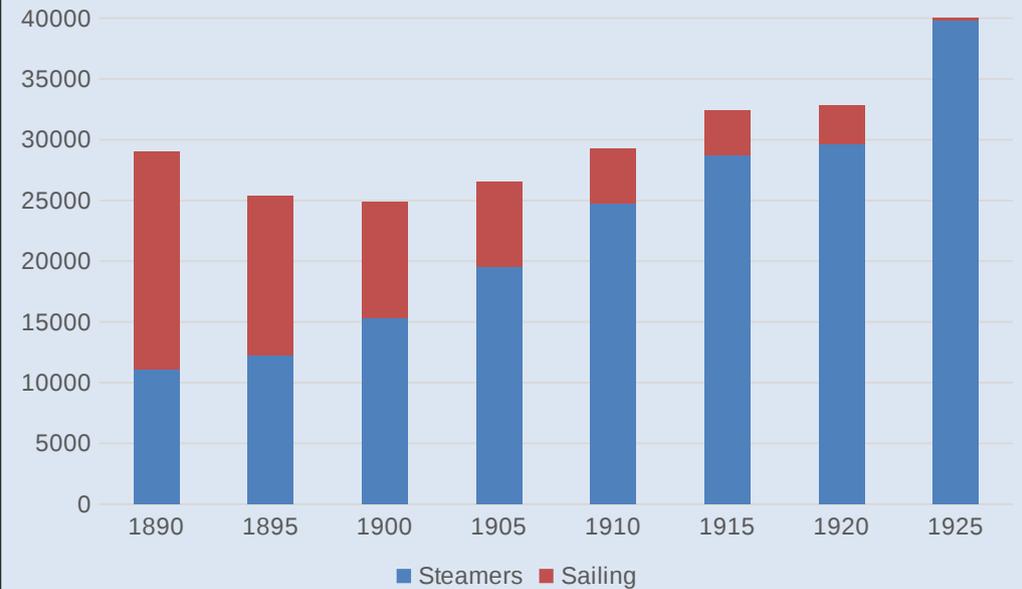


# Quelques grandes tendances

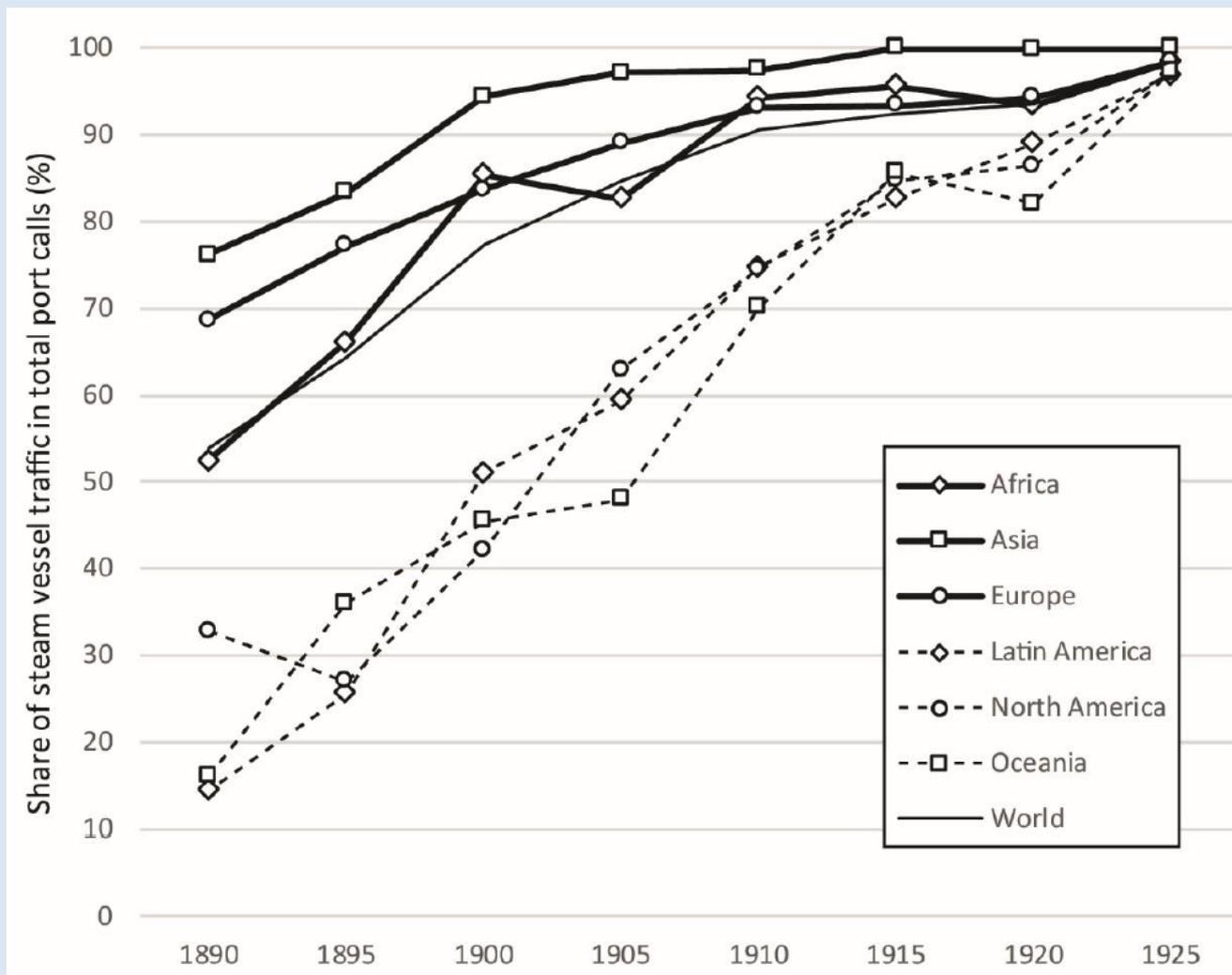
Flotte mondiale (nb. navires)



Trafic mondial (nb. escales)



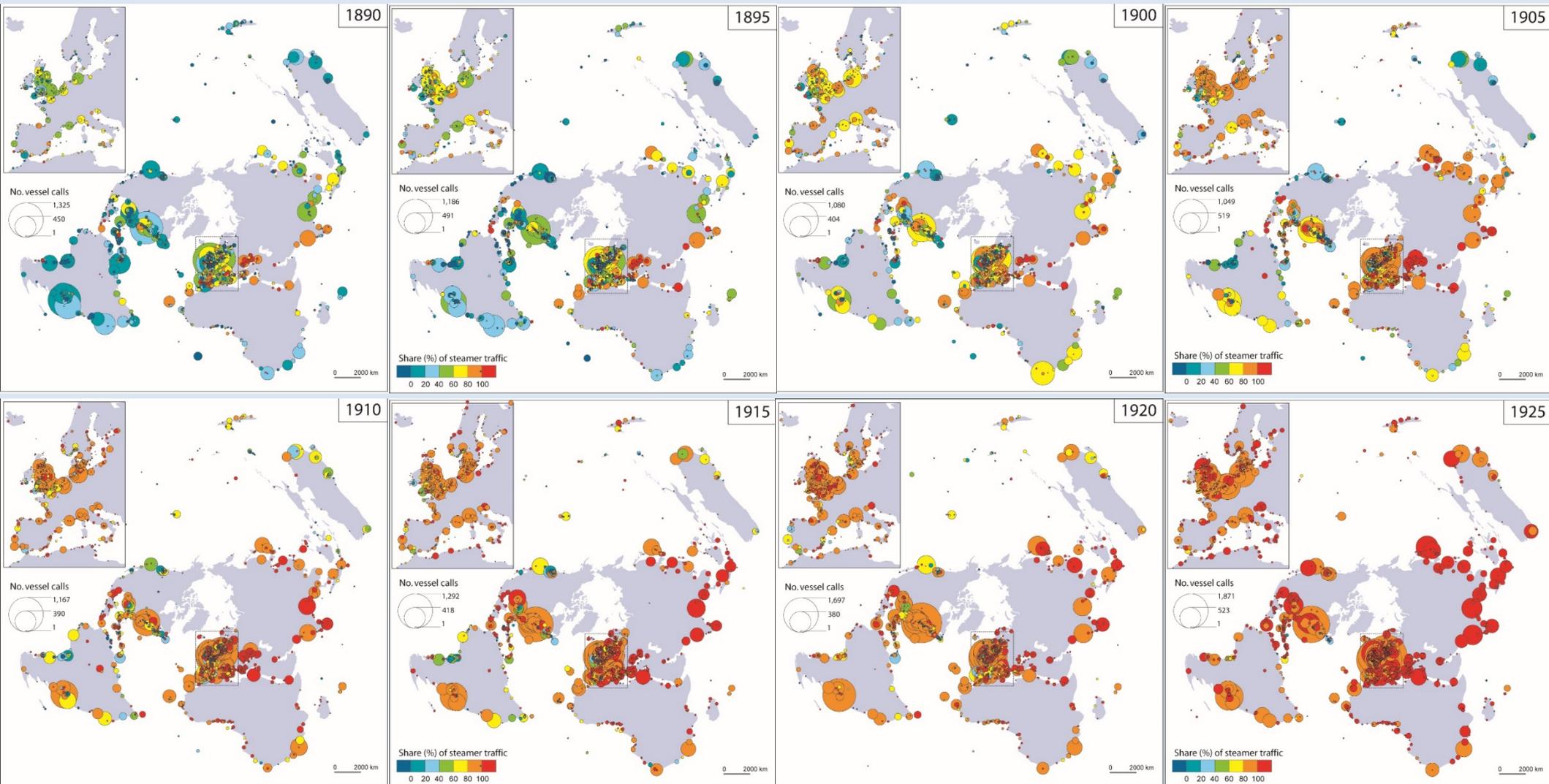
- Voile encore dominante en 1890-1895
- Disparition non pas abrupte mais progressive et tardive
- Contredit et complète les travaux des historiens qui se focalisent surtout sur les données de trafic des ports anglais (cf. Williams & Armstrong)
- Quelles dynamiques spatiales de ce phénomène ?



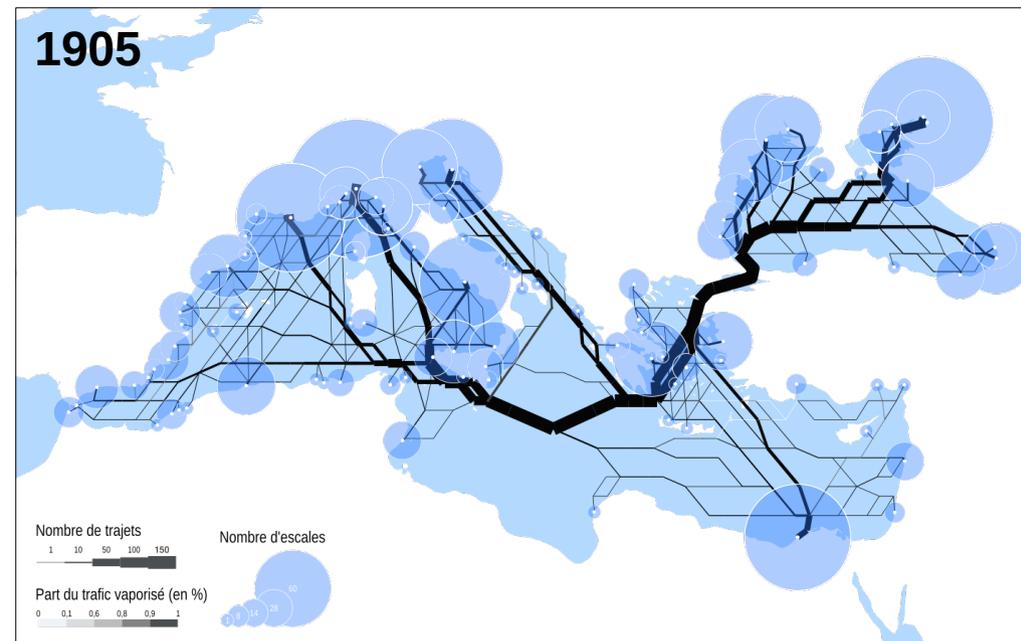
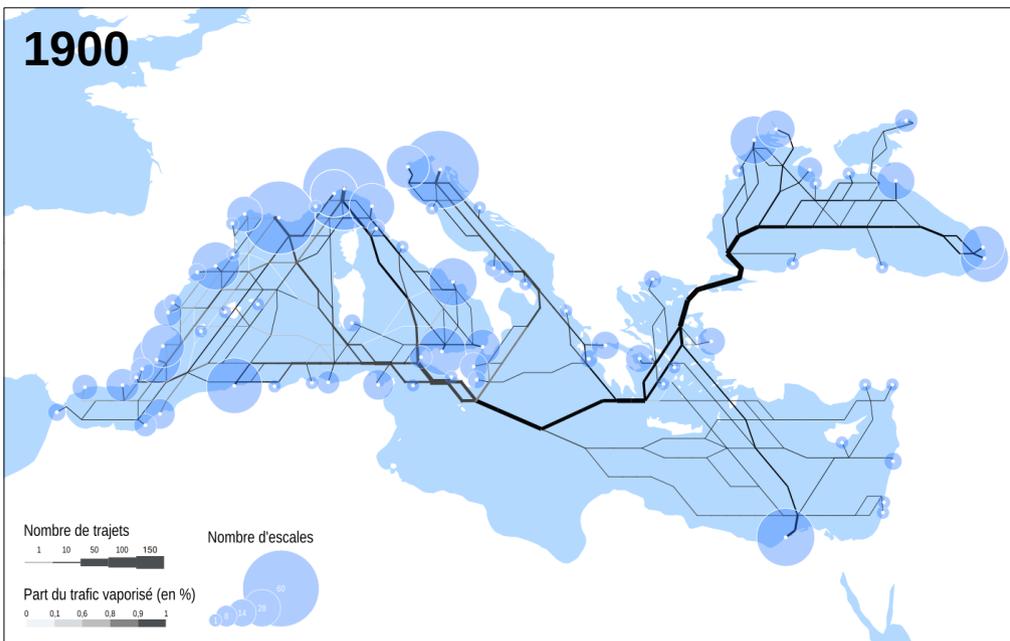
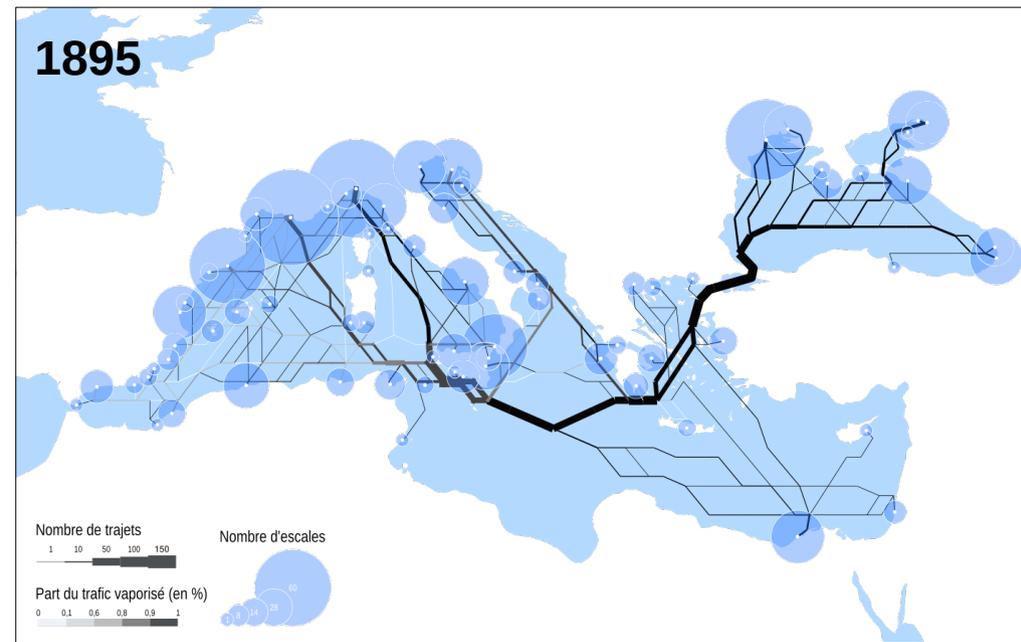
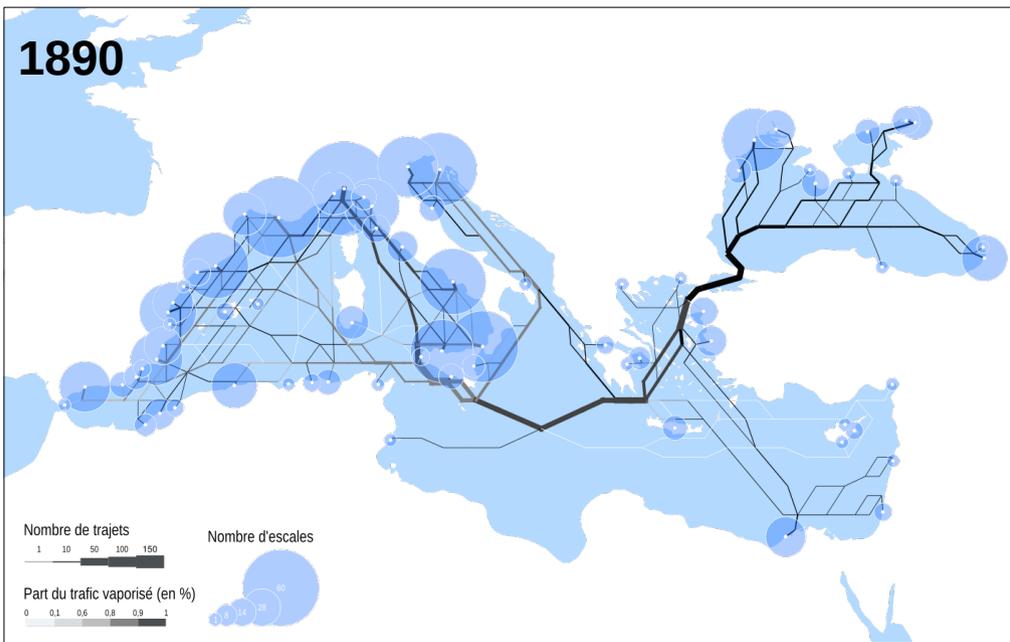
### Deux groupes de continents se distinguent :

- Asie / Europe / Afrique en avance (fort taux initial de vaporisation) et atteignent la domination quasi-totale de la vapeur (plus de 90%) dès les années 1910 : **la métropole et ses empires coloniaux**
- Amériques / Océanie en retard et adoption graduelle, toujours en-dessous des 90% en 1920 : **vents favorables sur certaines routes**

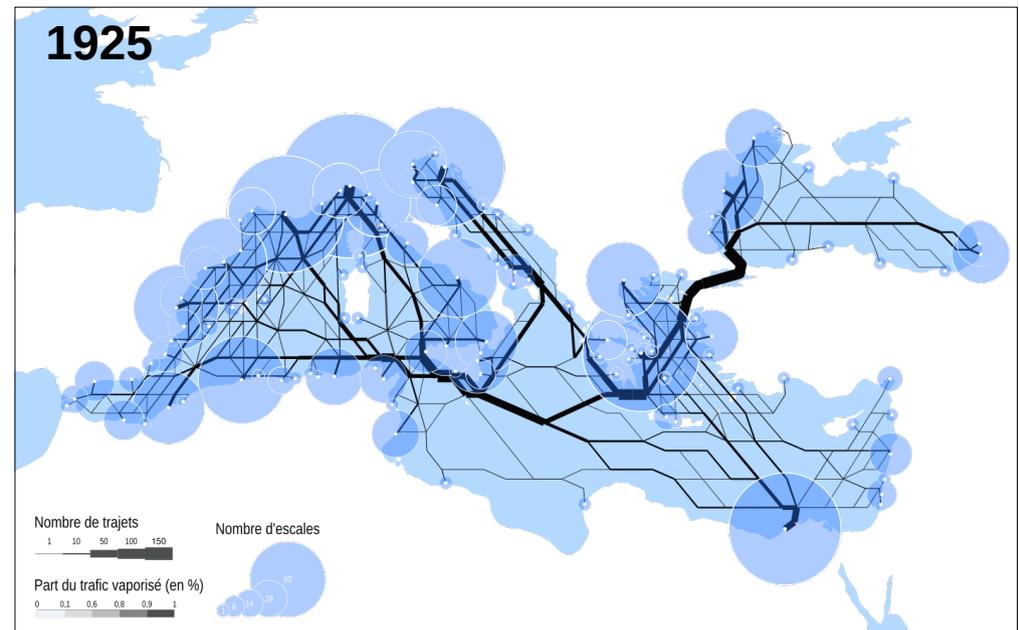
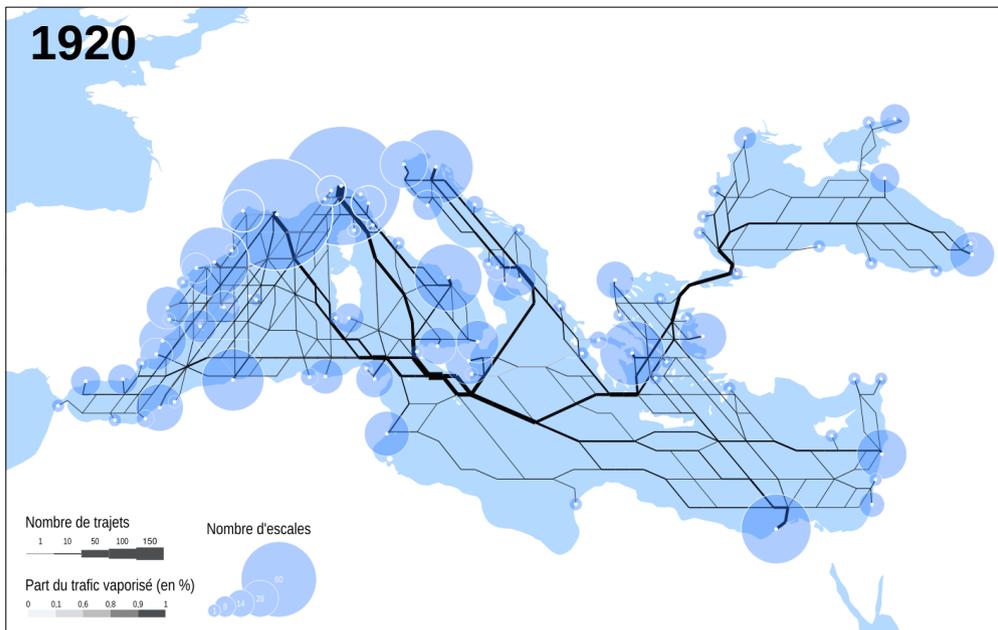
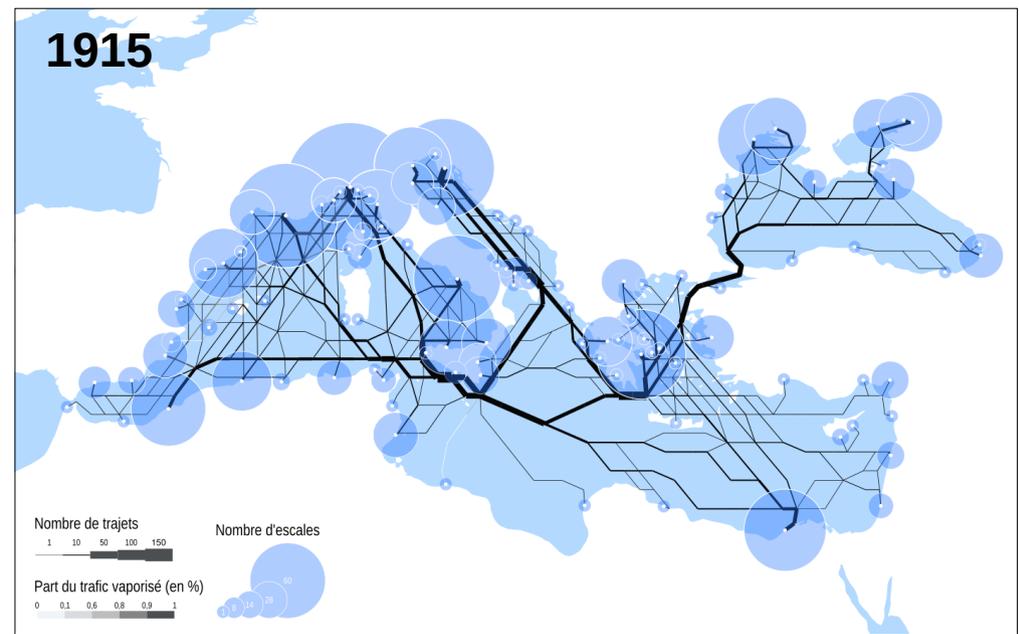
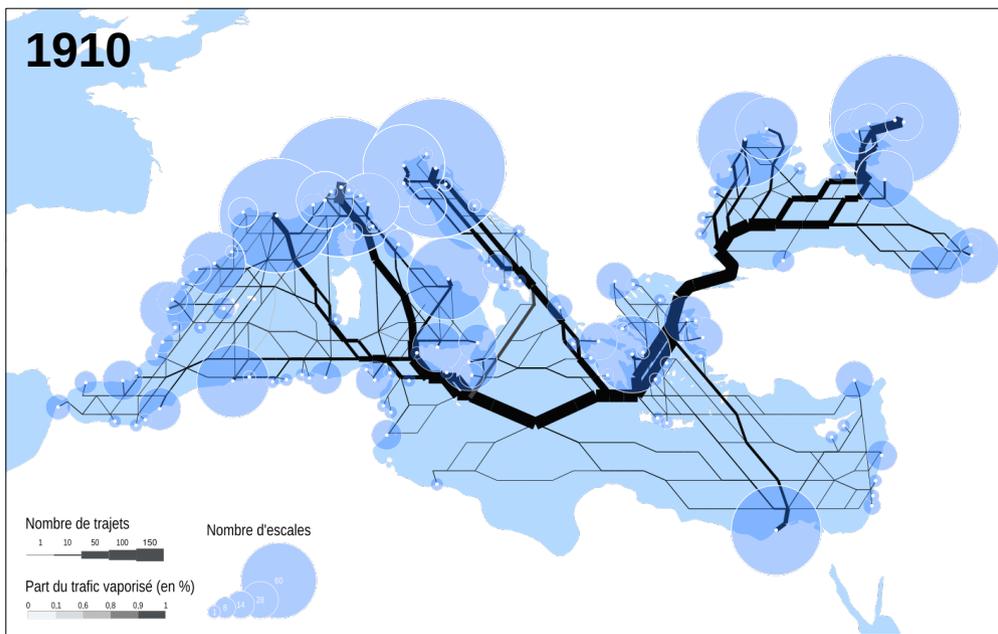
# Une cartographie « classique »



- Les résultats confirment les grandes tendances
- Meilleur repérage des nœuds « en avance » et « en retard »
- Absence de visualisation des flux === géoportail !



- Domination des grands ports européens dont Gênes (forte industrialisation)
- Corridor de circulation principal entre mer Noire (chantiers navals) et Med. occidentale



- Impact visible d'un choc majeur (1<sup>ère</sup> Guerre Mondiale)
- Différentiation voile-vapeur peu lisible car la région est des plus en avance pour la vapeur

# Développements à venir

- **Intégration :**

D'outils d'analyse variés : théorie des graphes, géomatique, réseaux complexes, cartographie CAO, SIG  
De données complémentaires (autres sources) : séries temporelles de trafic portuaire, carnets de bord, mouvements de navires, flux commerciaux, AIS, satellite, canal de Suez, East Indian Trading Corporation

- **Interaction :**

Production par l'utilisateur de cartes, graphes et diagrammes customisés  
large public : le monde du shipping public et privé, musées maritimes, écoles de commerce, instituts en transports et affaires internationales, chercheurs et enseignants / étudiants, intelligence et veille économique  
centralisation, harmonisation et échange / partage des données

- **Interopération :**

Possibilité d'inclure à terme d'autres données : population urbaine, réseaux routiers, ferroviaires, fluviaux, aériens, etc.

- **Valorisation :**

Salon Innovatives SHS 2017 (Marseille) ; ouvrage Routledge 2017 ; etc.

# GeoSeastems

a maritime network analysis tool



*Merci pour votre attention !*

César Ducruet & Mattia Bunel  
CNRS – UMR 8504 Géographie-cités

[cdu@parisgeo.cnrs.fr](mailto:cdu@parisgeo.cnrs.fr)  
[mattiabunel@hotmail.fr](mailto:mattiabunel@hotmail.fr)

[www.world-seastems.cnrs.fr](http://www.world-seastems.cnrs.fr)

