

Grenoble, 14 octobre 2013
Thèse de l'Université de Grenoble

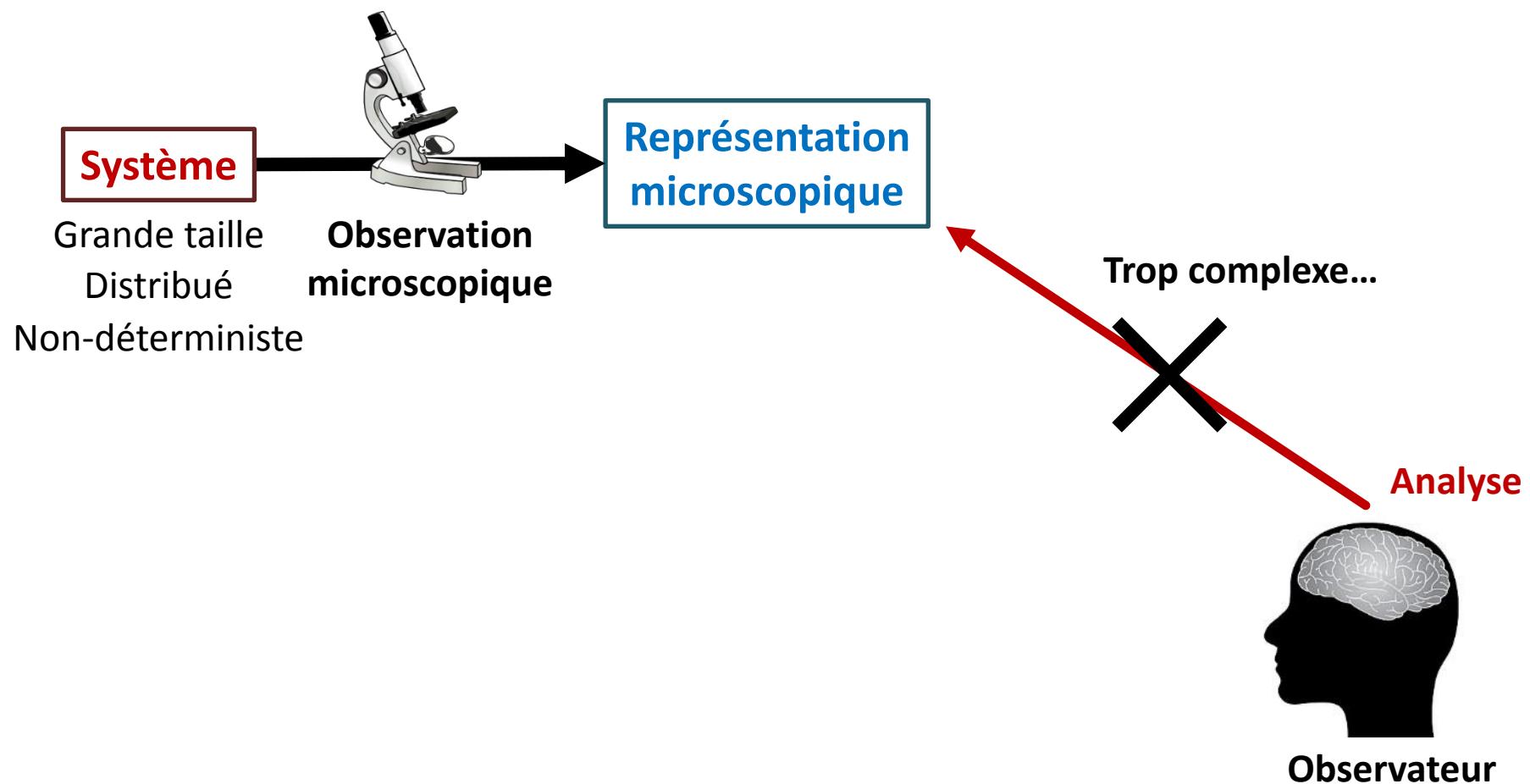
Analyse macroscopique des grands systèmes

Robin Lamarche-Perrin

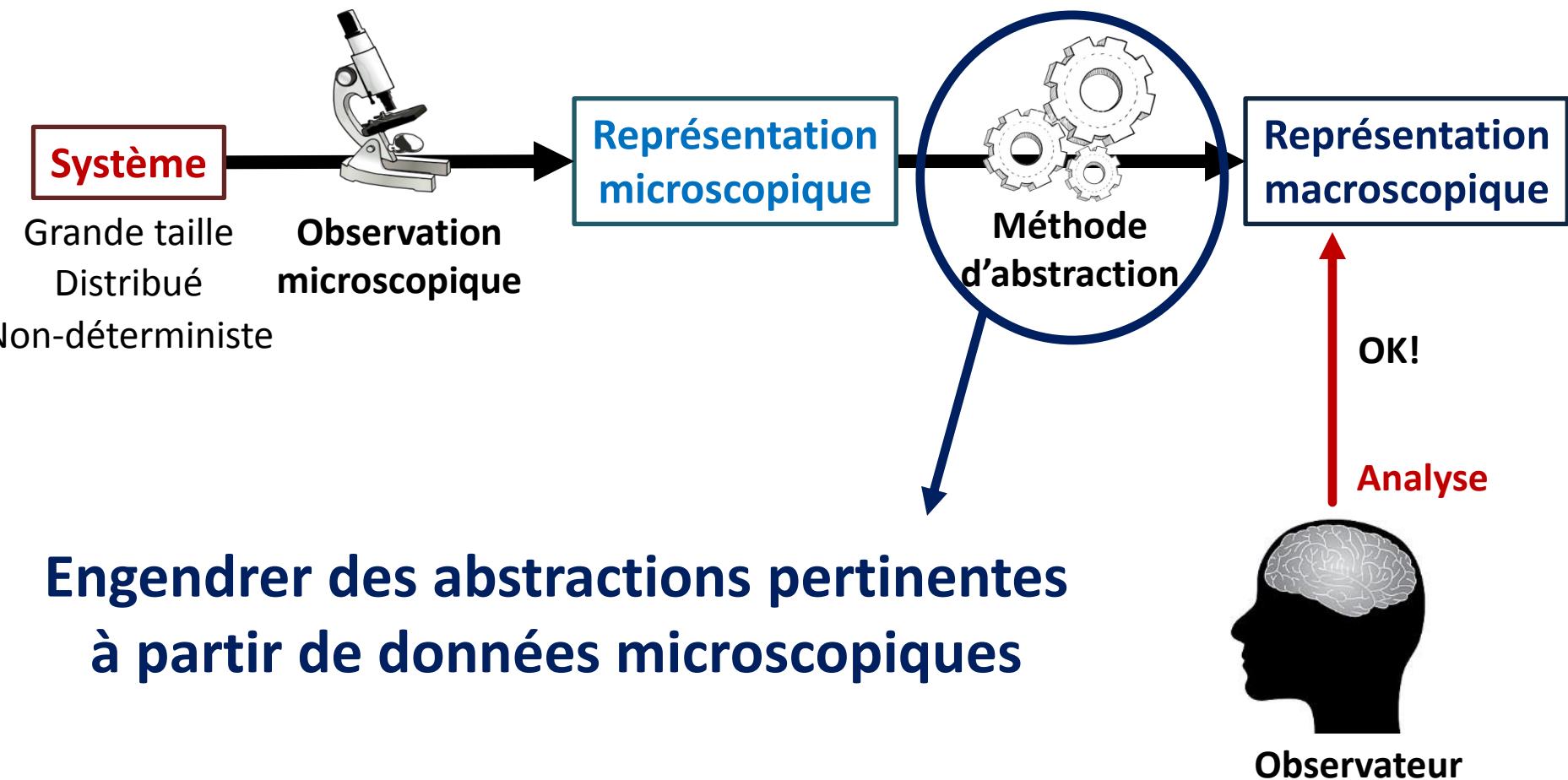
Rapporteurs : Bernard Moulin et Éric Fleury
Examinateuses : Salima Hassas et Brigitte Plateau
Directeurs : Yves Demazeau et Jean-Marc Vincent



Analyse des grands systèmes



Analyse des grands systèmes



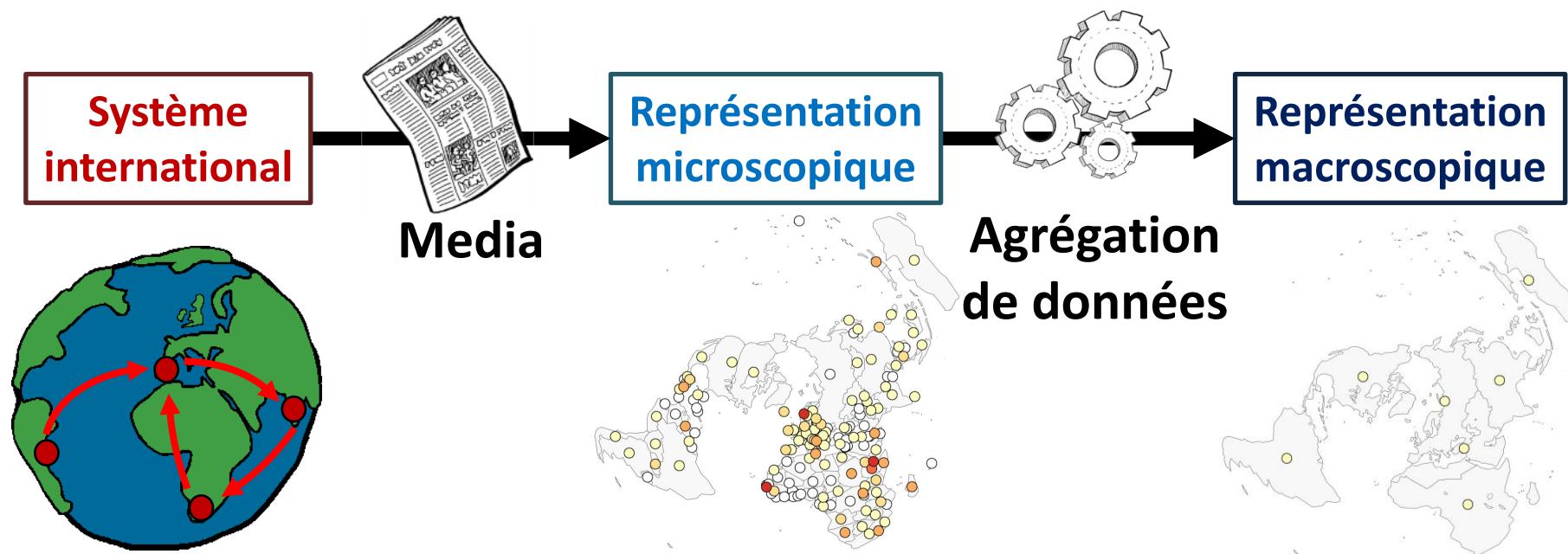
Analyse des relations internationales

Hypothèse : les médias constituent un instrument d'observation adéquat du niveau national

[Grasland *et al.*, 2011]



Géographe



Données médiatiques

THE GUARDIAN



“Japan”

THE TIMES OF INDIA



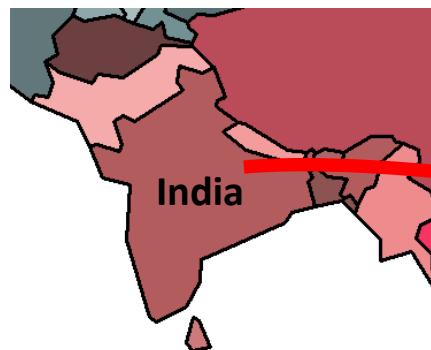
“Madrid”



“French”



“Spain”



India



Spain

Base de données GEOMEDIA
(ANR CORPUS GUI-AAP-04)

150 journaux

1,530,000 articles

INFORMATION GÉOGRAPHIQUE
193 pays (membres de l'ONU)

Données médiatiques

THE GUARDIAN

article 1



“Japan”

30 mai 2011

THE TIMES OF INDIA

article 2



“Madrid”

30 mai 2011

article 3



“French”

19 juillet 2012

Base de données GEOMEDIA
(ANR CORPUS GUI-AAP-04)

150 journaux

1,530,000 articles

INFORMATION GÉOGRAPHIQUE
193 pays (membres de l'ONU)

INFORMATION TEMPORELLE

630 jours / 90 semaines
(du 3 mai 2011 au 20 janvier 2013)

Représentation microscopique du système international

Journal LE MONDE

π

Espace

	USA	Libye	Syrie	France	Israël	...	Total
2 mai	25	12	11	10	4	...	142
9 mai	14	6	12	12	5	...	108
16 mai	20	11	12	6	9	...	142
23 mai	15	9	6	13	5	...	120
30 mai	10	16	17	9	4	...	137
6 juin	14	16	16	9	4	...	114
13 juin	15	14	17	9	6	...	119
20 juin	17	13	12	12	7	...	123
27 juin	7	6	7	20	2	...	103
4 juill.	12	13	8	10	6	...	129
11 juill.	21	10	10	14	3	...	107
18 juill.	7	3	8	4	5	...	61
25 juill.	16	7	6	13	4	...	128
1 août	21	1	9	7	4	...	88
...
Total	423	308	260	248	153	...	3520

t

Temps

Nombre de citations observées

$$v(\pi, t)$$

$$v(., t)$$

$$v(\pi, .)$$

$$v(., .)$$

Nombre de citations attendues

$$v^*(\pi, t) = \frac{v(\pi, .) v(., t)}{v(., .)}$$

Représentation géographique

Espace

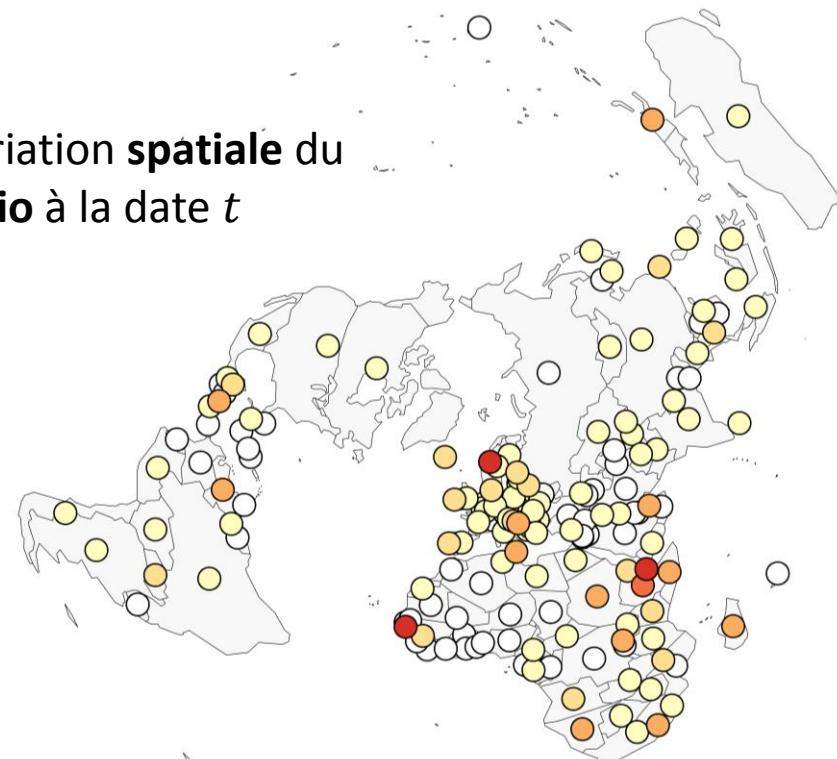
T
e
m
p
s

t

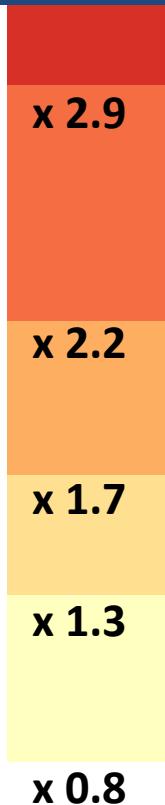
	USA	Libye	Syrie	France	Israël	...	Total
2 mai	25	12	11	10	4	...	142
9 mai	14	6	12	12	5	...	108
16 mai	20	11	12	6	9	...	142
23 mai	15	9	6	13	5	...	120
30 mai	10	16	17	9	4	...	137
6 juin	14	16	16	9	4	...	114
13 juin	15	14	17	9	6	...	119
20 juin	17	13	12	12	7	...	123
27 juin	7	6	7	20	2	...	103
4 juill.	12	13	8	10	6	...	129
11 juill.	21	10	10	14	3	...	107
18 juill.	7	3	8	4	5	...	61
25 juill.	16	7	6	13	4	...	128
1 août	21	1	9	7	4	...	88
...
Total	423	308	260	248	153	...	3520

Ratio des citations observées et des citations attendues

$$\rho(\pi, t) = \frac{v(\pi, t)}{v^*(\pi, t)} = \frac{v(\pi, t) v(., .)}{v(\pi, .) v(., t)}$$

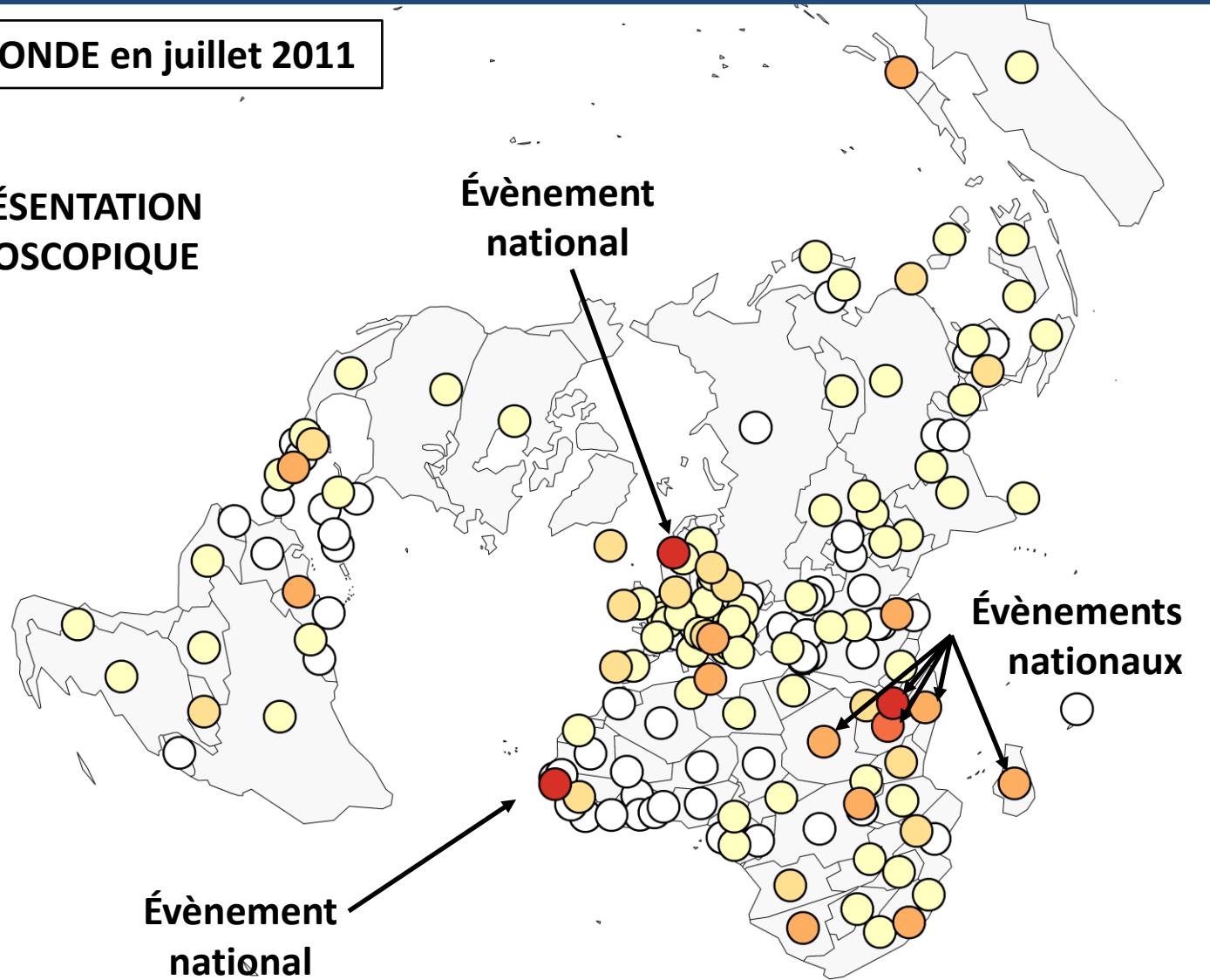


Détection d'évènements médiatiques

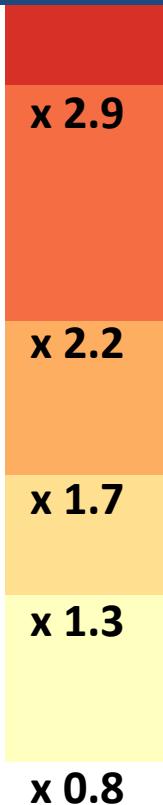


Journal LE MONDE en juillet 2011

REPRÉSENTATION
MICROSCOPIQUE

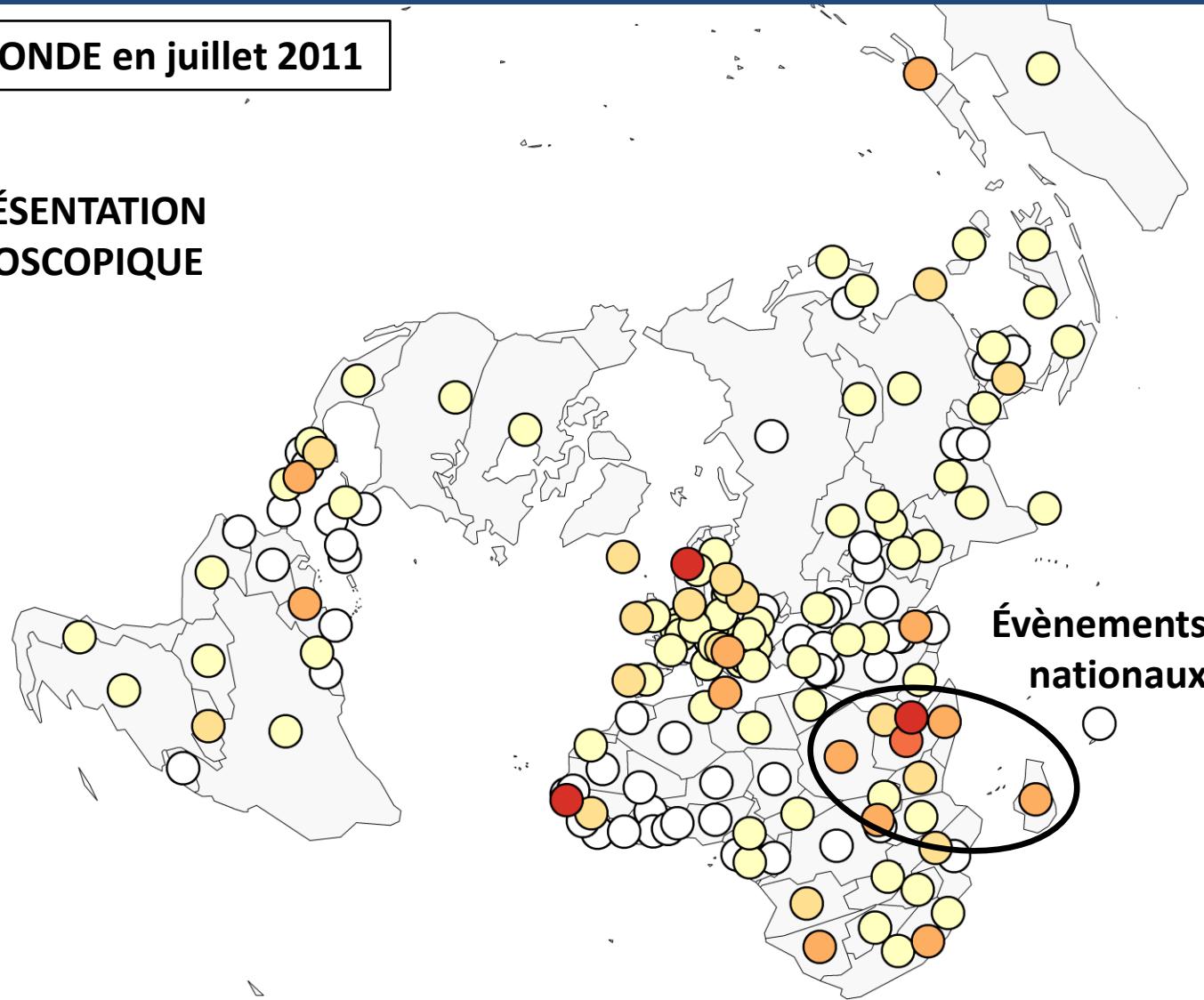


Détection d'évènements médiatiques

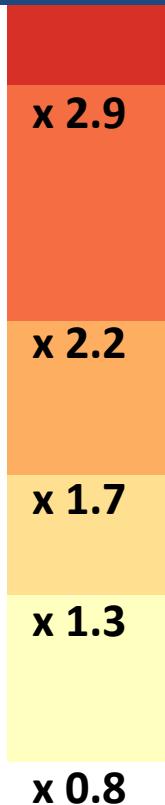


Journal LE MONDE en juillet 2011

REPRÉSENTATION
MICROSCOPIQUE

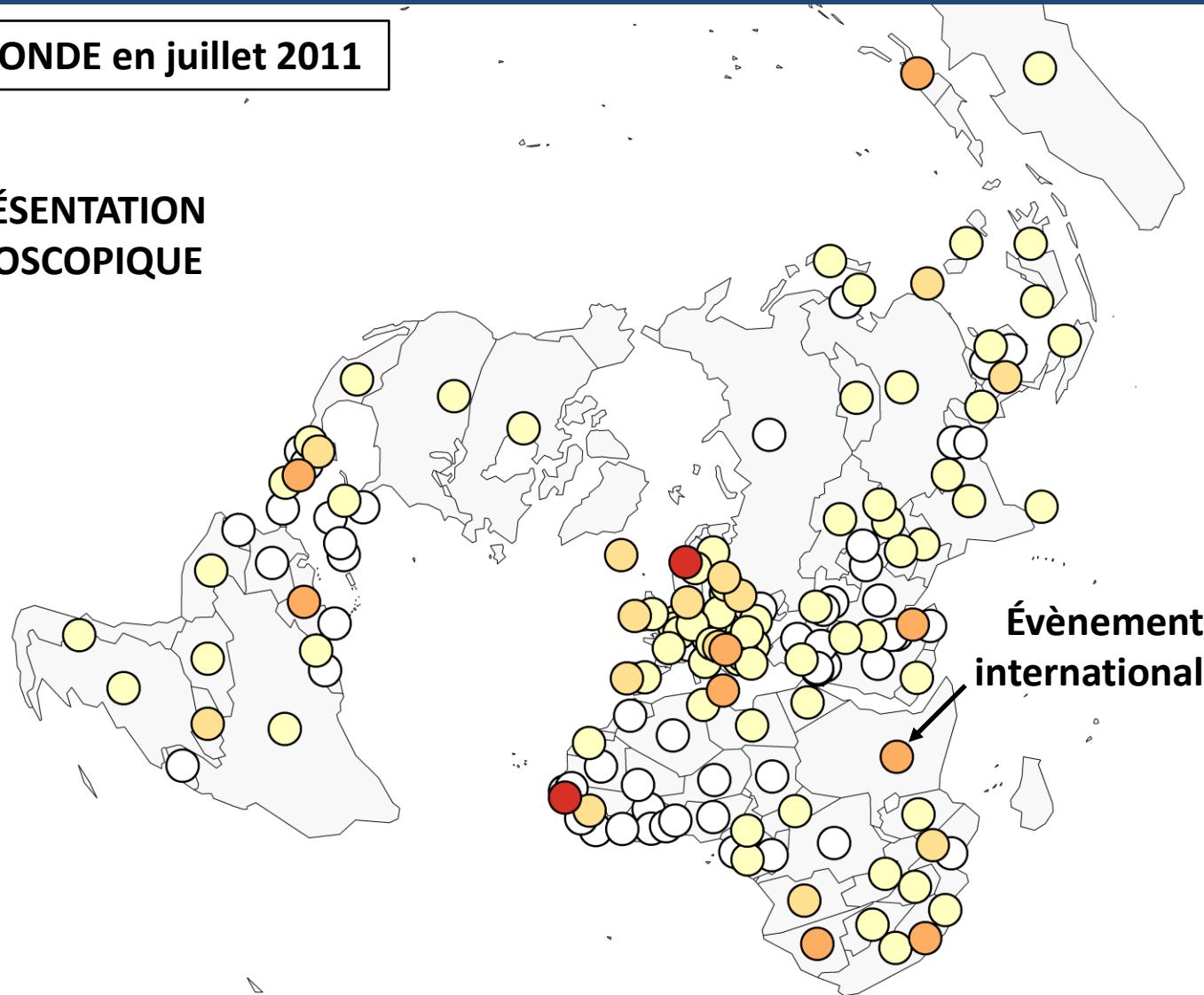


Détection d'évènements médiatiques



Journal LE MONDE en juillet 2011

REPRÉSENTATION
MICROSCOPIQUE

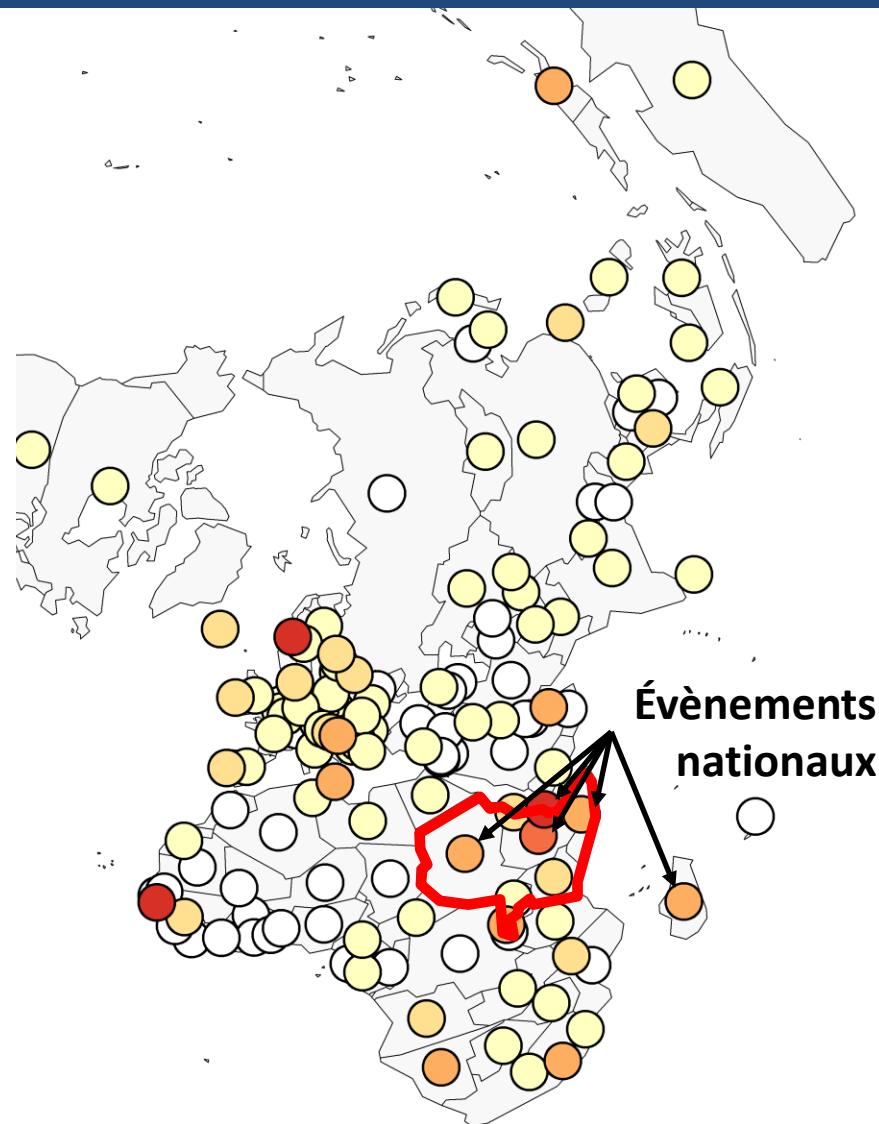


Agrégation de données

Espace

Temps

	USA	Libye	Syrie	France	Israël	...	Total
2 mai	25	12	11	10	4	...	142
9 mai	14	6	12	12	5	...	108
16 mai	20	11	12	6	9	...	142
23 mai	15	9	6	13	5	...	120
30 mai	10	16	17	9	4	...	137
6 juin	14	16	16	9	4	...	114
13 juin	15	14	17	9	6	...	119
20 juin	17	13	12	12	7	...	123
27 juin	7	6	7	20	2	...	103
4 juill.	12	13	8	10	6	...	129
11 juill.	21	10	10	14	3	...	107
18 juill.	7	3	8	4	5	...	61
25 juill.	16	7	6	13	4	...	128
1 août	21	1	9	7	4	...	88
...
Total	423	308	260	248	153	...	3520



Agrégation de données

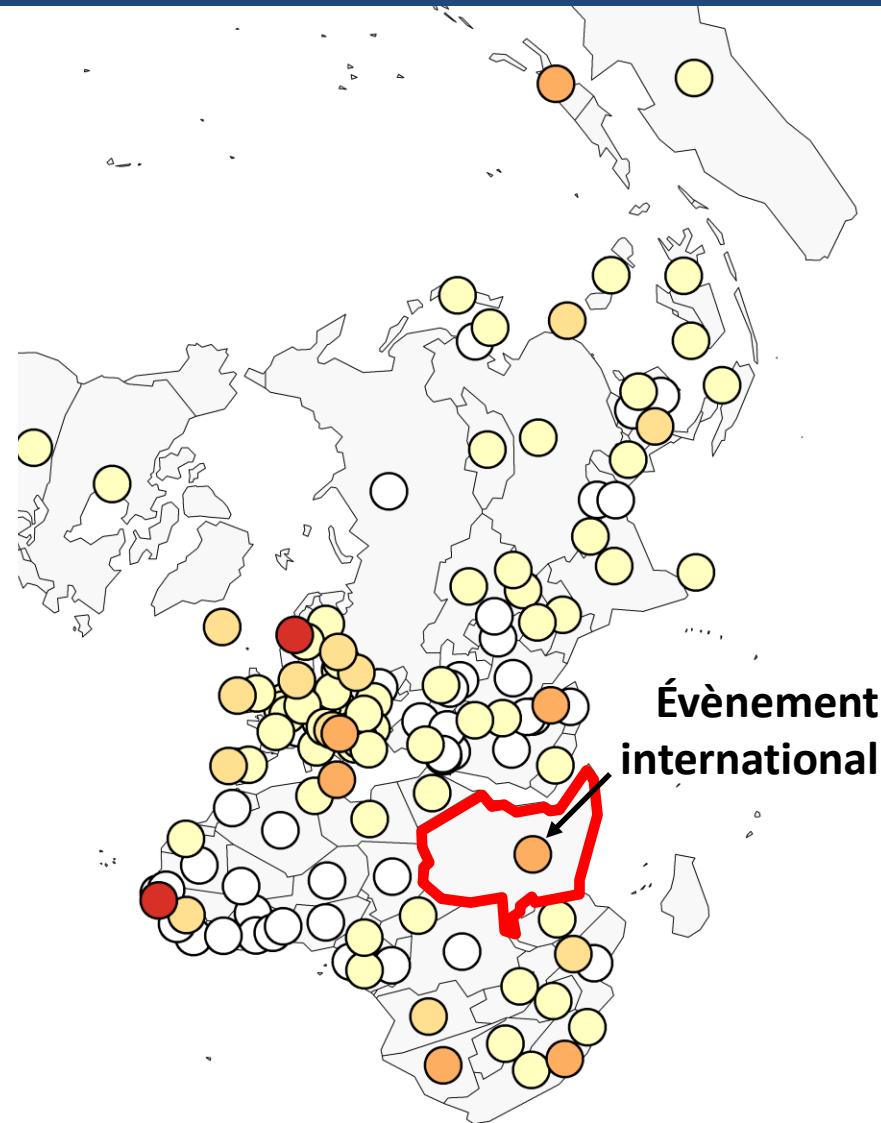
Espace

π₁ π₂ π₃

t

Temps

	USA	Agrégat	Israël	...	Total
2 mai	25	13+11+10	4	...	142
9 mai	14	6+12+12	5	...	108
16 mai	20	11+12+6	9	...	142
23 mai	15	9+6+13	5	...	120
30 mai	10	16+17+9	4	...	137
6 juin	14	16+16+9	4	...	114
13 juin	15	14+17+9	6	...	119
20 juin	17	13+12+12	7	...	123
27 juin	7	6+7+20	2	...	103
4 juill.	12	13+8+10	6	...	129
11 juill.	21	10+10+14	3	...	107
18 juill.	7	3+8+4	5	...	61
25 juill.	16	7+6+13	4	...	128
1 août	21	1+9+7	4	...	88
...
Total	423	308+260+248	153	...	3520

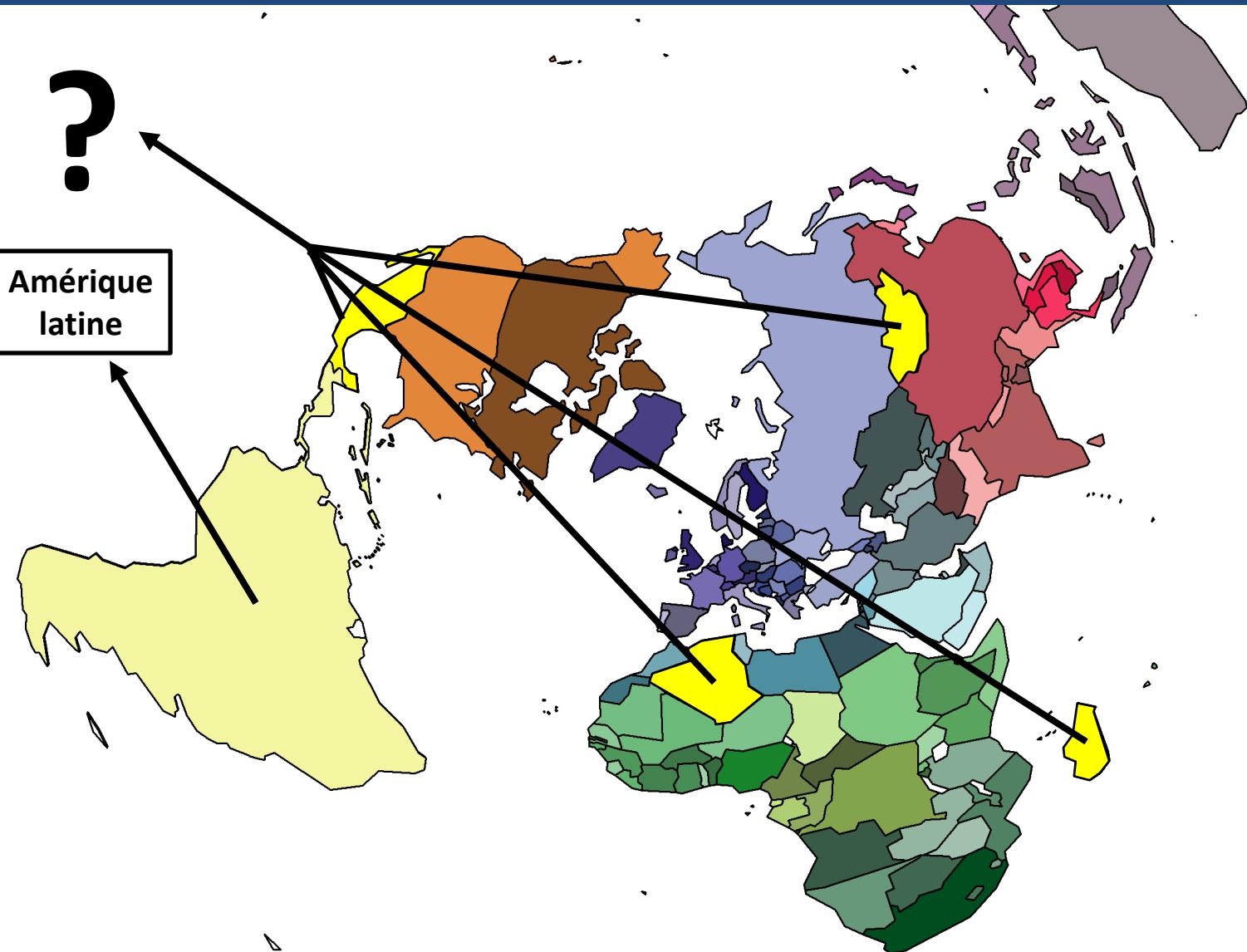


P1 : Sémantique géographique des agrégats



?

Amérique
latine



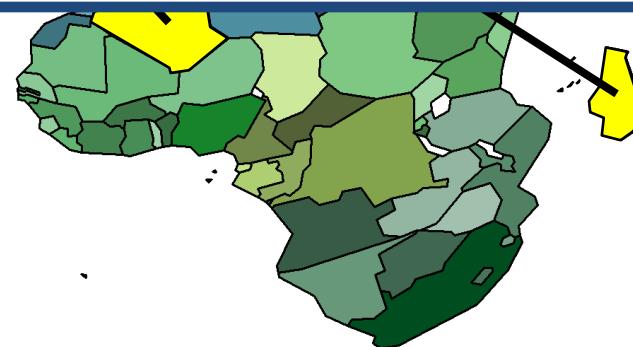
P1 : Sémantique géographique des agrégats



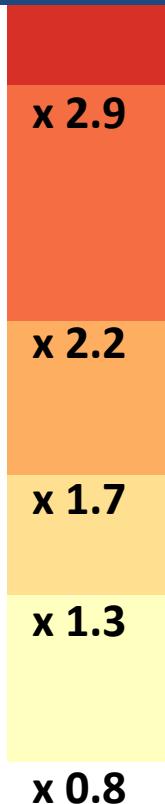
Géogra

Amérique

Problème 1 : Comment engendrer des abstractions qui ont un sens pour l'observateur ?

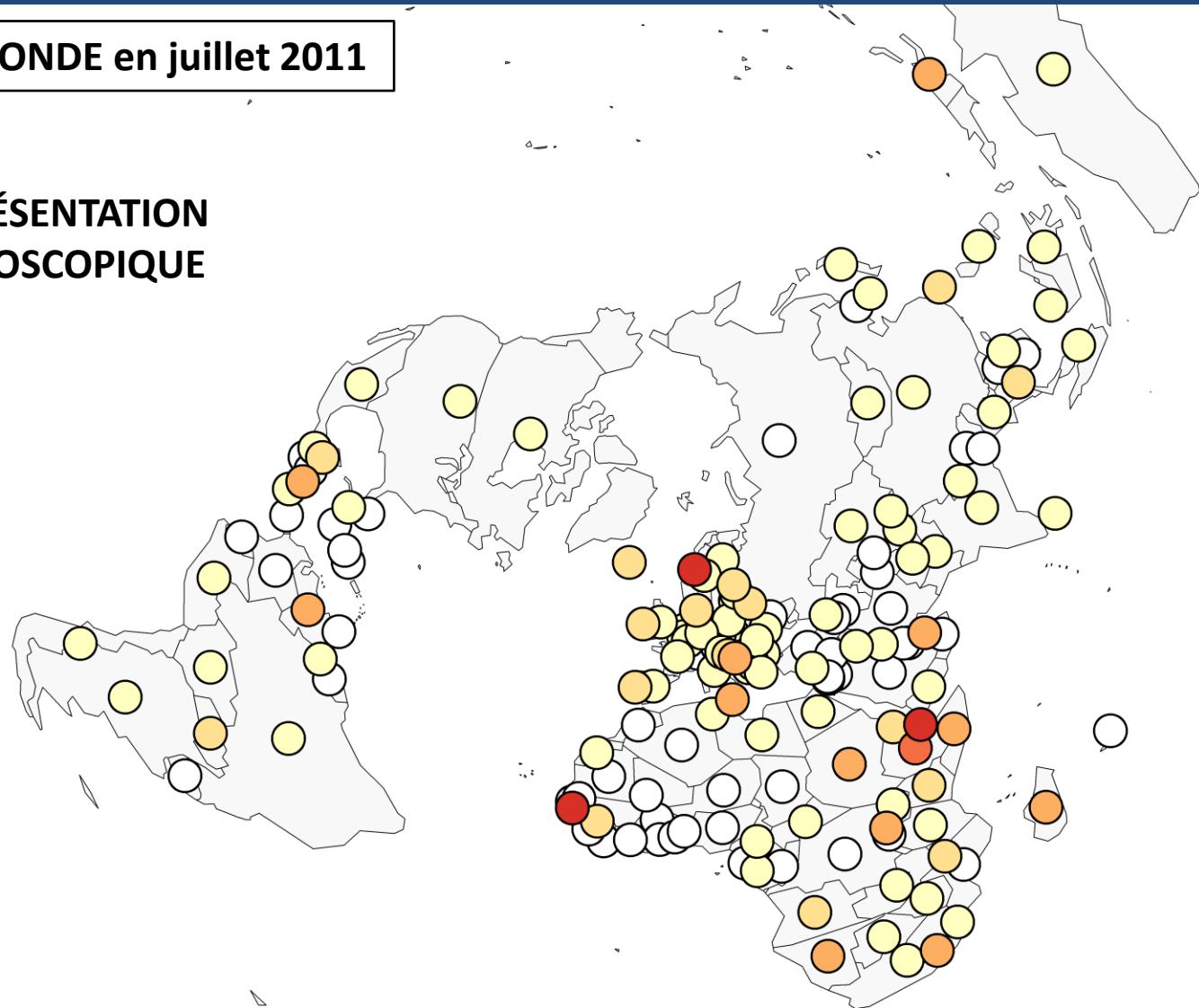


P2 : Niveaux de représentation

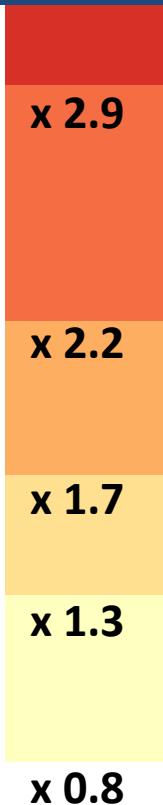


Journal LE MONDE en juillet 2011

REPRÉSENTATION MICROSCOPIQUE

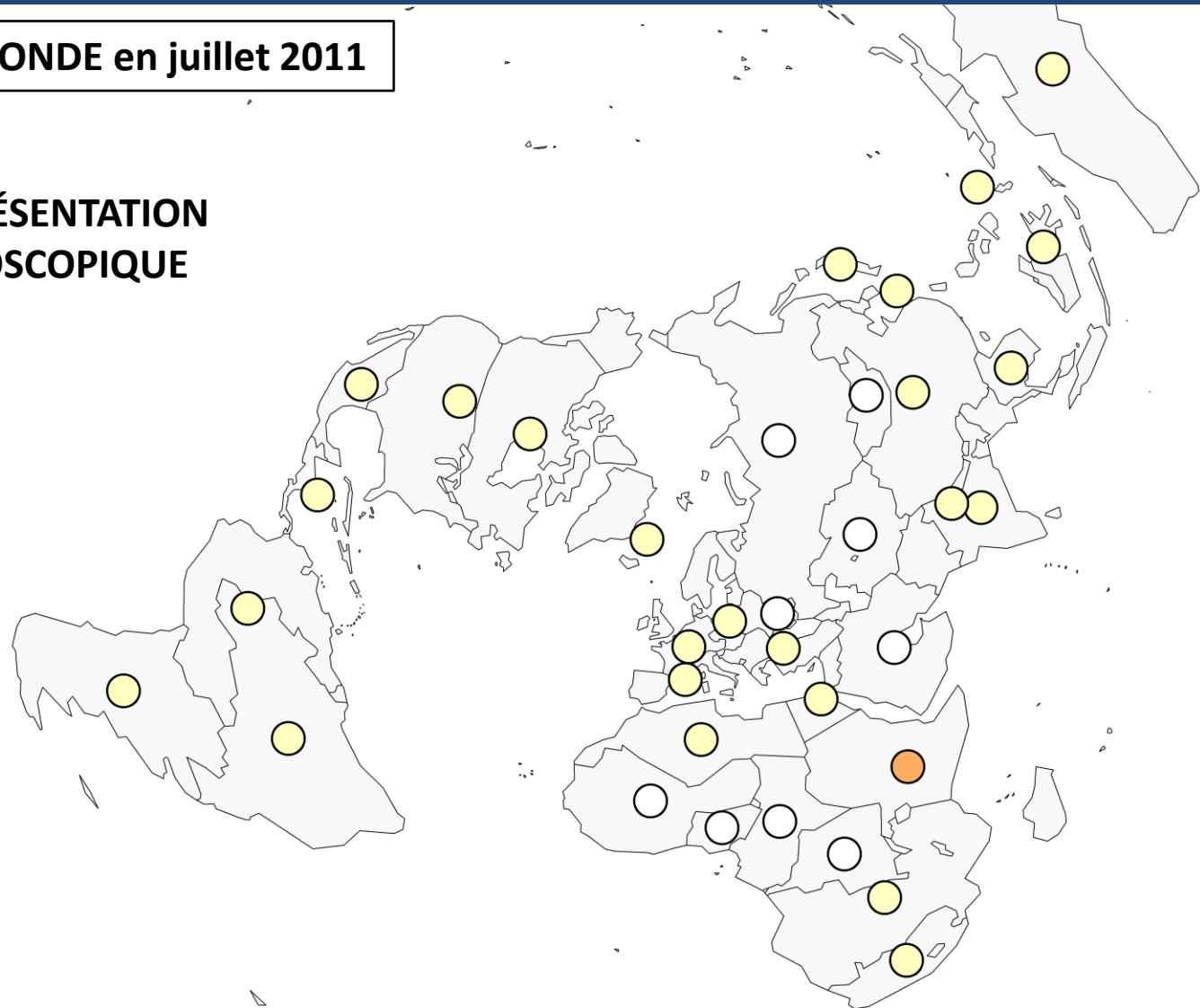


P2 : Niveaux de représentation

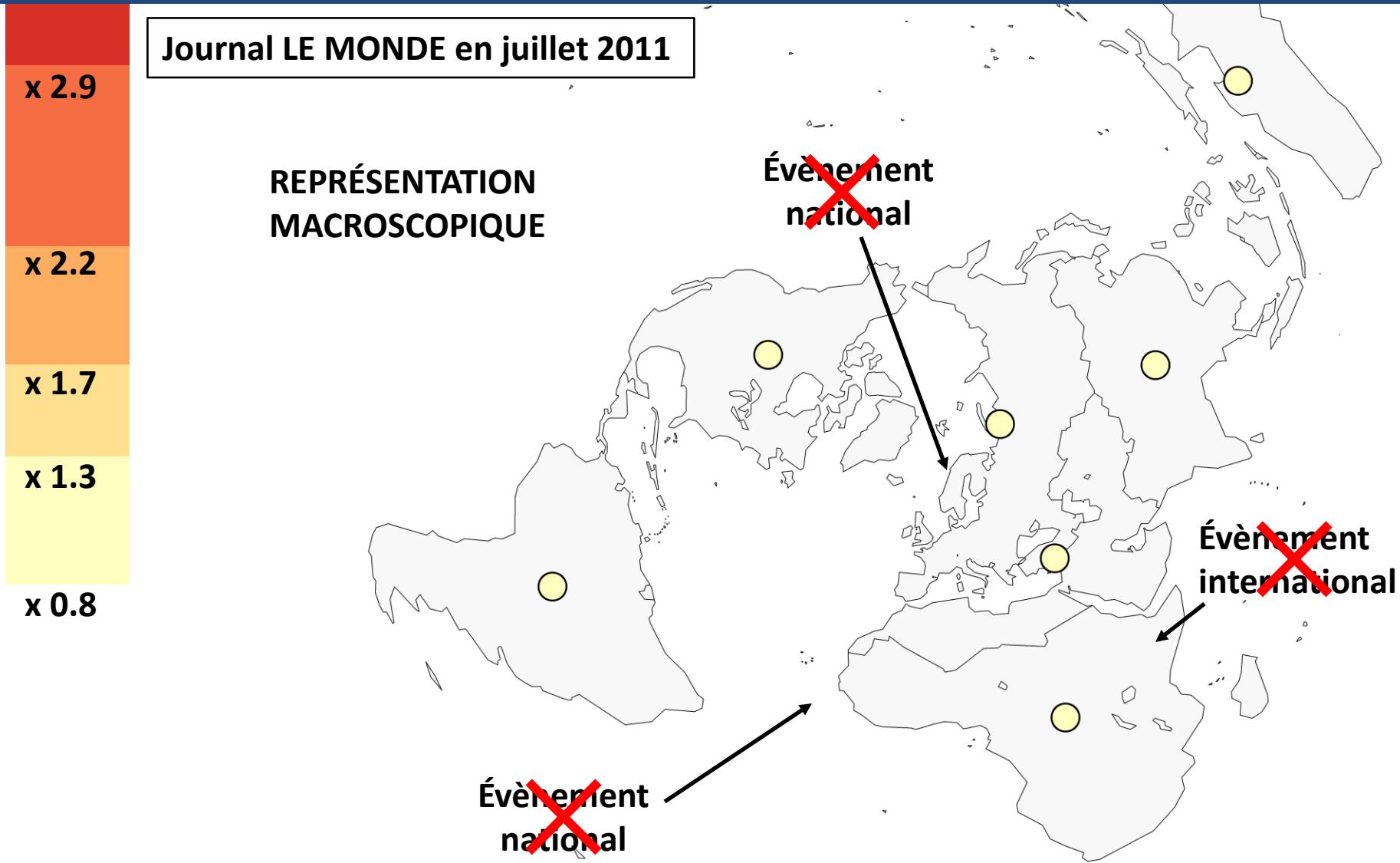


Journal LE MONDE en juillet 2011

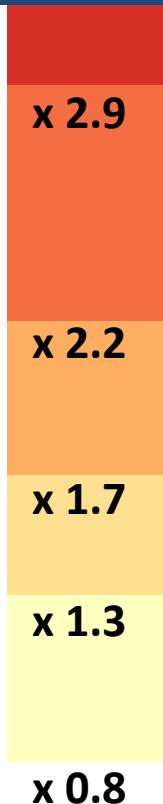
REPRÉSENTATION MÉSOSCOPIQUE



P2 : Niveaux de représentation

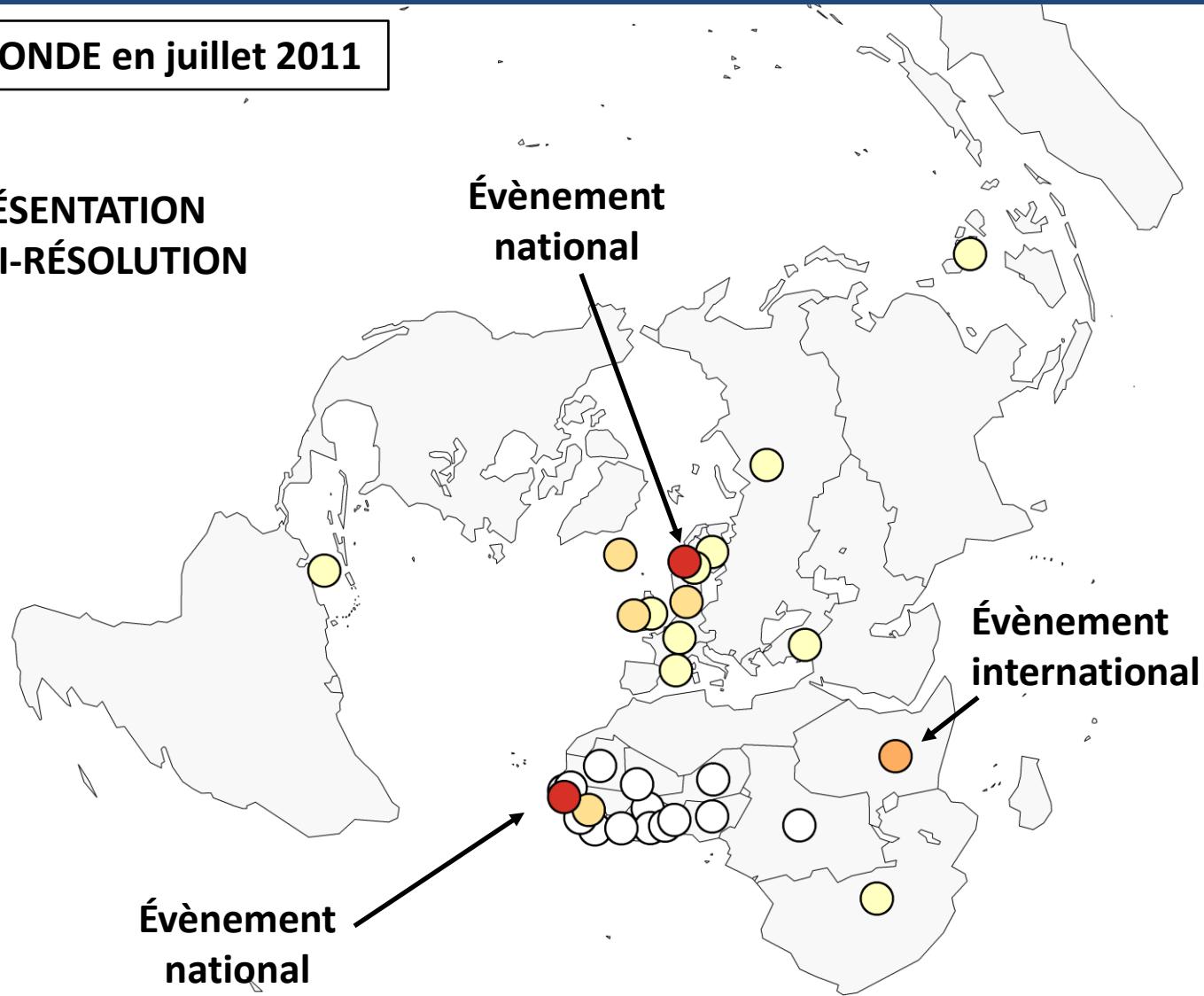


P2 : Niveaux de représentation

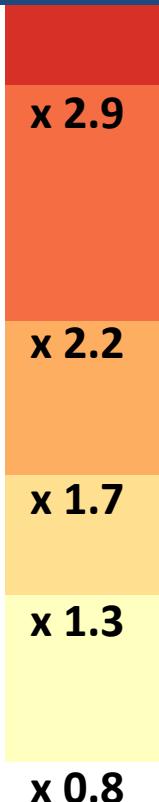


Journal LE MONDE en juillet 2011

REPRÉSENTATION
MULTI-RÉSOLUTION



P2 : Niveaux de représentation



Journal LE MONDE en juillet 2011

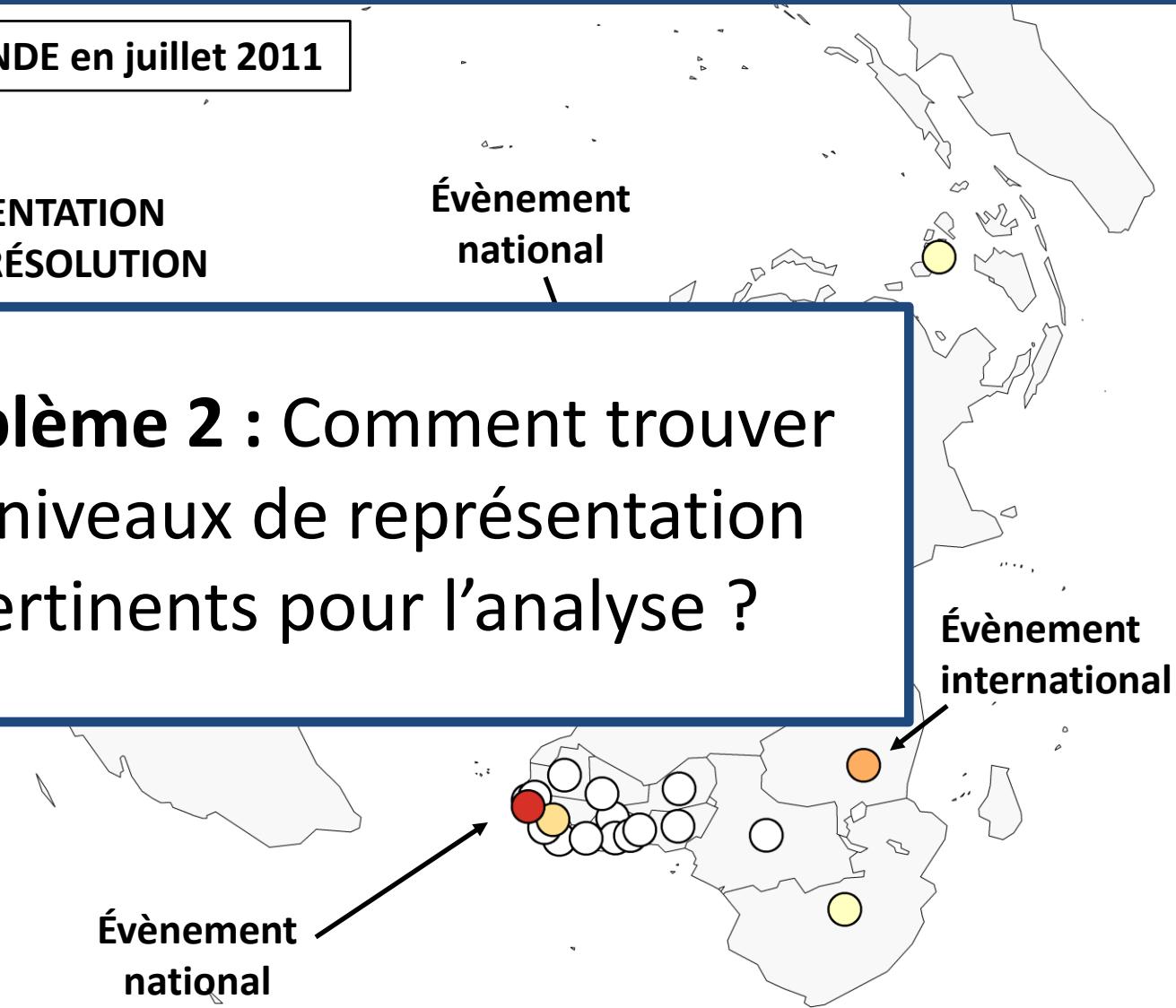
REPRÉSENTATION
MULTI-RÉSOLUTION

**Problème 2 : Comment trouver
les niveaux de représentation
pertinents pour l'analyse ?**

Évènement
national

Évènement
international

Évènement
national



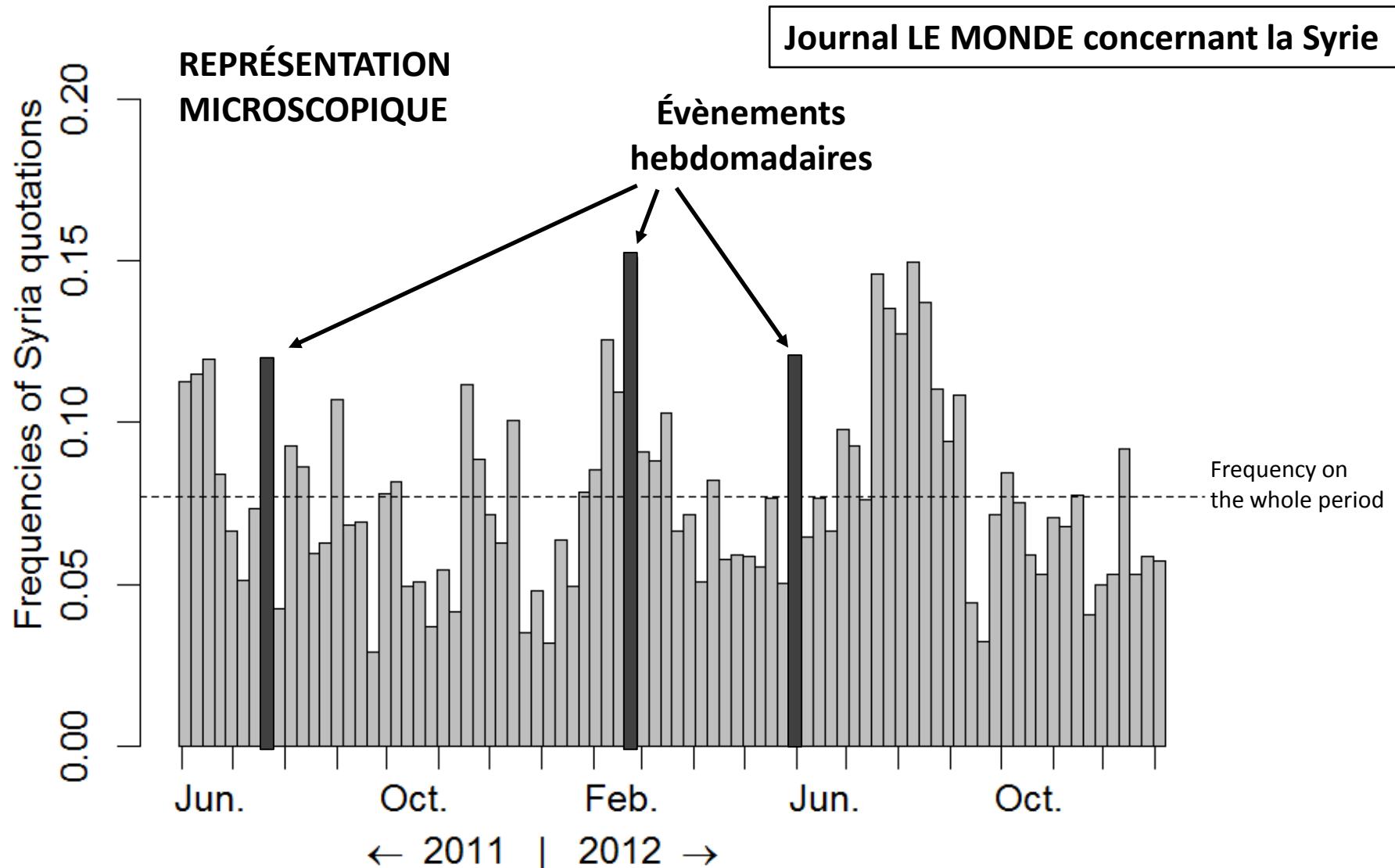
P3 : Calcul des meilleures représentations

Le nombre de représentations possibles dépend **exponentiellement** de la taille de la représentation microscopique

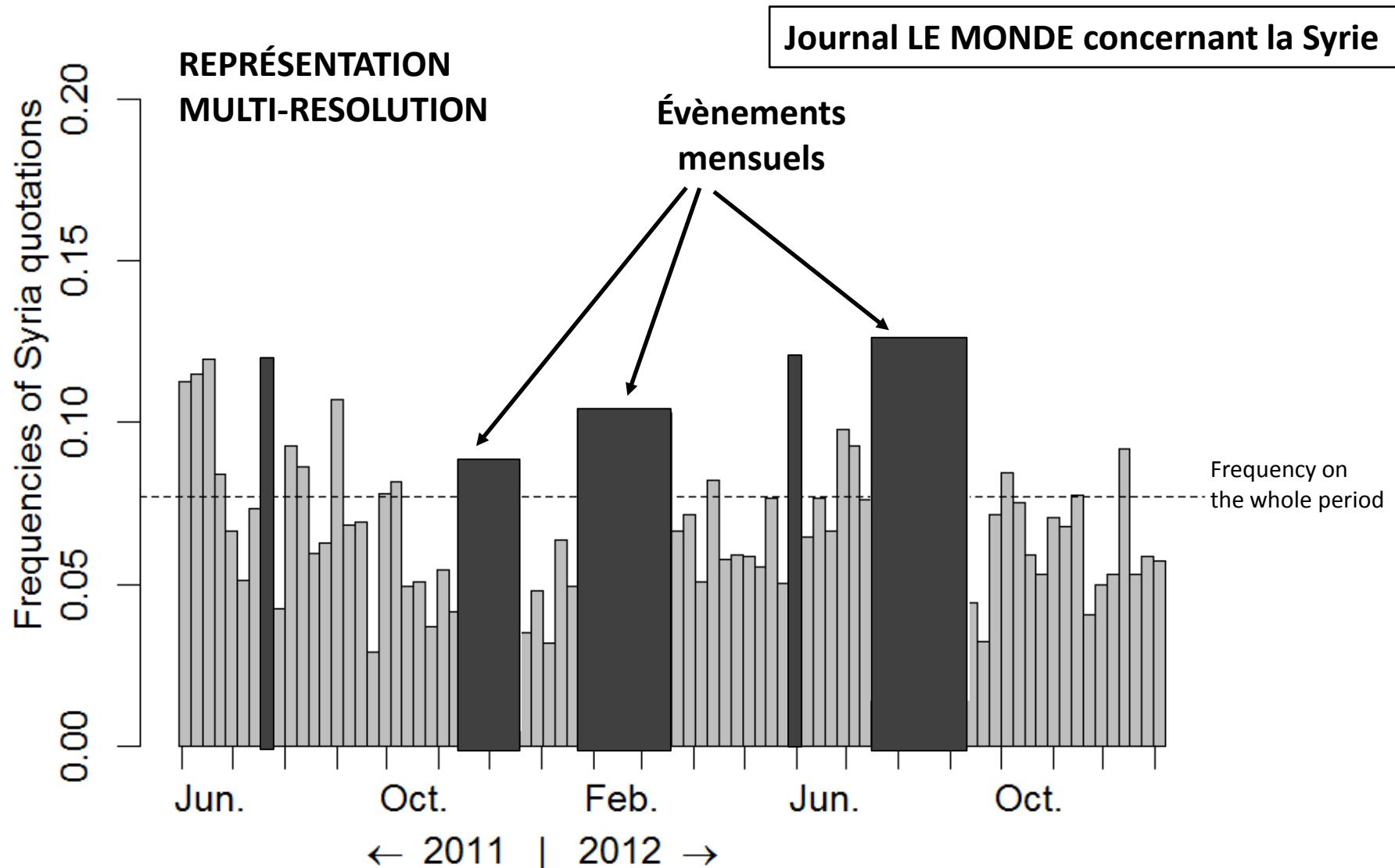
P3 : Calcul des meilleures représentations

Problème 3 : Comment calculer les « meilleures » représentations de manière efficace ?

Et pour d'autres dimensions du système ?



Et pour d'autres dimensions du système ?

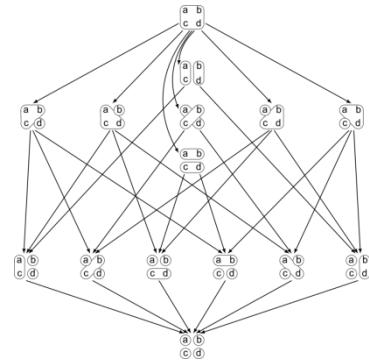


Mon approche

P0

Caractériser le processus d'agrégation

→ Algèbre des partitions possibles



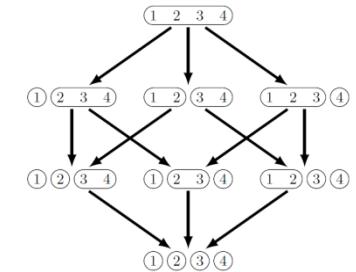
P1

Conserver la sémantique du système

→ Contraindre le partitionnement

Agréger selon plusieurs dimensions

→ Des contraintes adaptées aux topologies du système



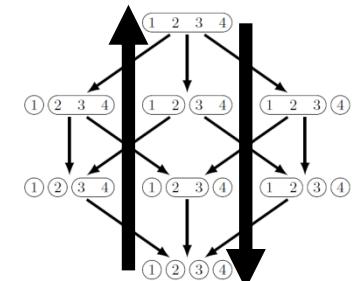
P2

Évaluer et comparer les représentations

→ Mesurer la complexité et l'information

Proposer plusieurs niveau de granularité

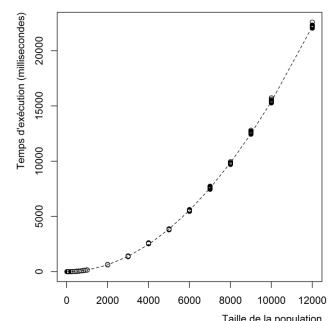
→ Optimiser un compromis de qualité



P3

Calculer les meilleures représentations

→ Algorithme générique d'optimisation sous contraintes



Mon approche

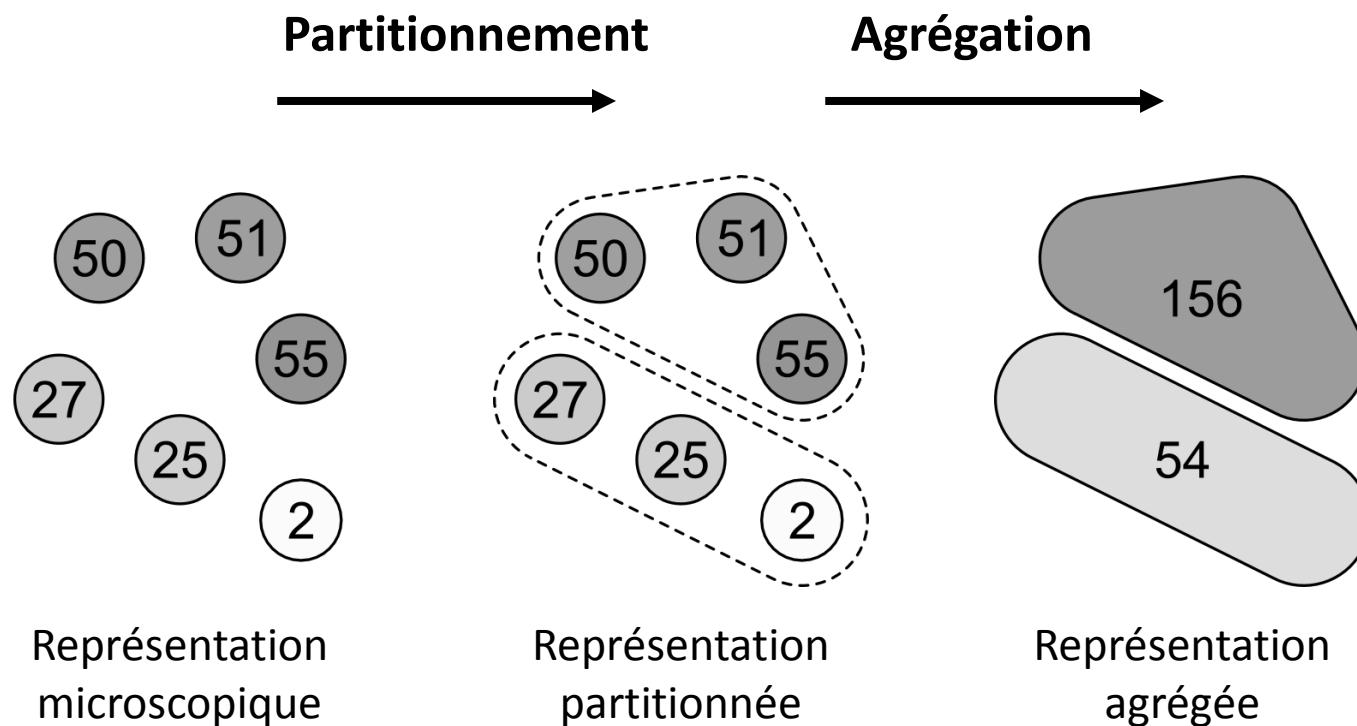
P0 Caractériser le processus d'agrégation
→ Algèbre des partitions possibles

P1 Conserver la sémantique du système
→ Contraindre le partitionnement
Agréger selon plusieurs dimensions
→ Des contraintes adaptées aux topologies du système

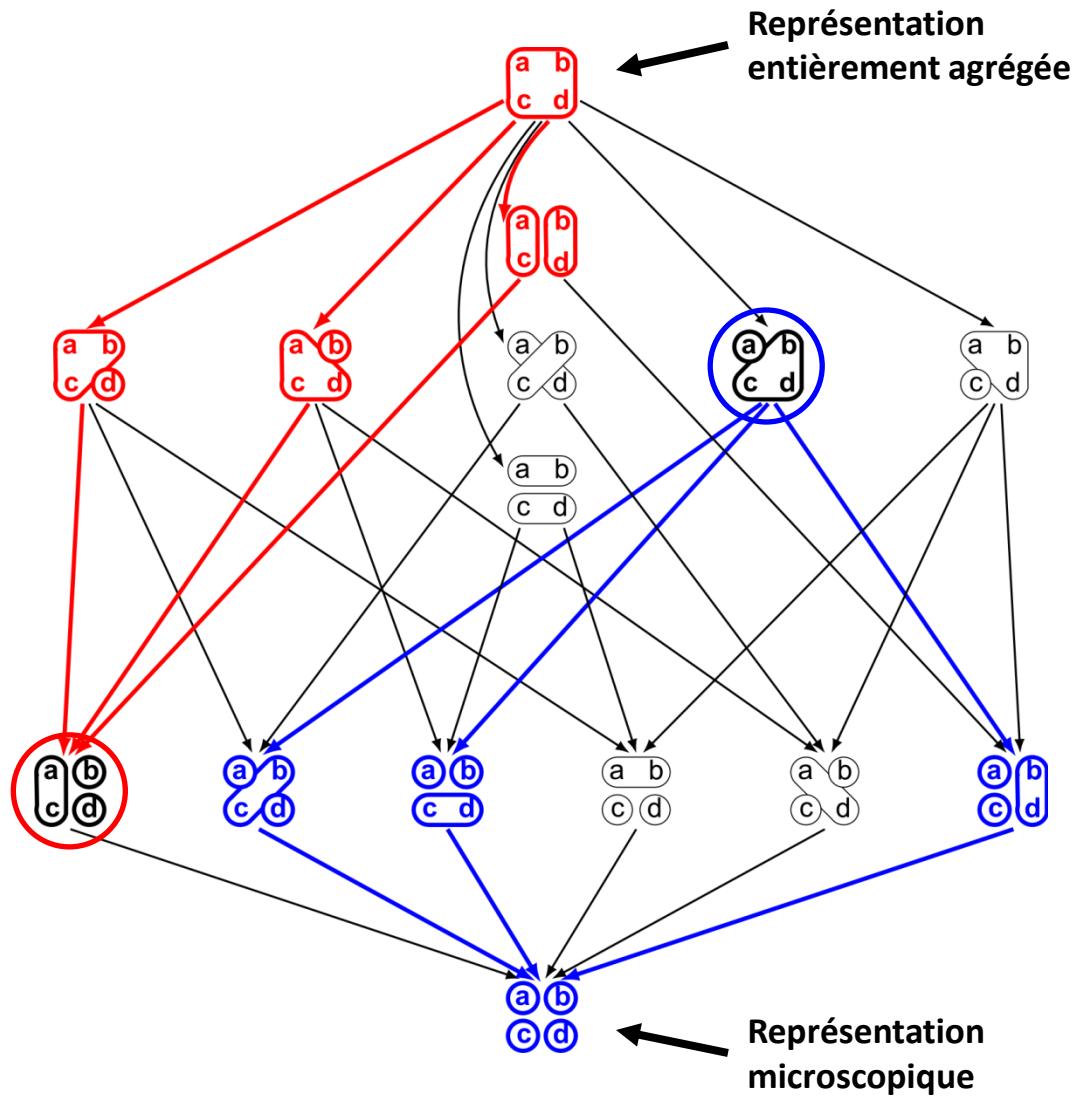
P2 Évaluer et comparer les représentations
→ Mesurer la complexité et l'information
Proposer plusieurs niveau de granularité
→ Optimiser un compromis de qualité

P3 Calculer les meilleures représentations
→ Algorithme générique d'optimisation sous contraintes

Le processus d'agrégation



Ensemble des partitions possibles

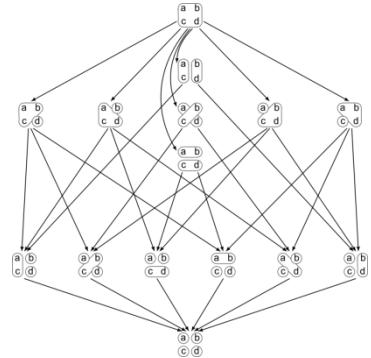


Structure algébrique

Ordre partiel sur l'ensemble des partitions possibles

→ relations de raffinement

Mon approche



P0 Caractériser le processus d'agrégation

→ Algèbre des partitions possibles

P1 Conserver la sémantique du système

→ Contraindre le partitionnement

Agréger selon plusieurs dimensions

→ Des contraintes adaptées aux topologies du système

P2 Évaluer et comparer les représentations

→ Mesurer la complexité et l'information

Proposer plusieurs niveau de granularité

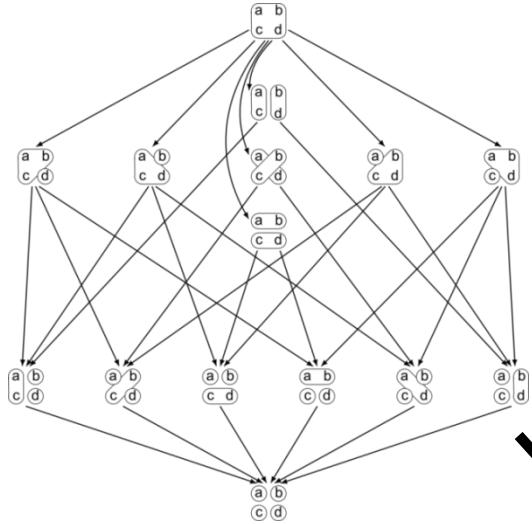
→ Optimiser un compromis de qualité

P3 Calculer les meilleures représentations

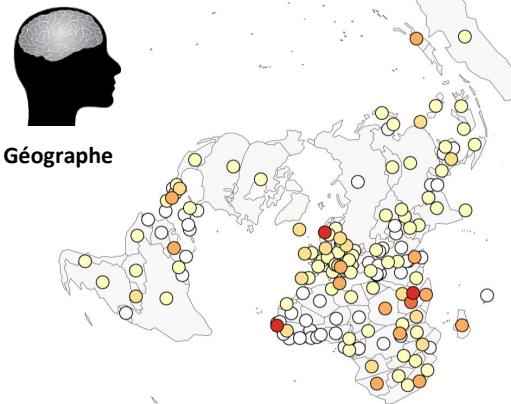
→ Algorithme générique d'optimisation sous contraintes

Problème et objectif

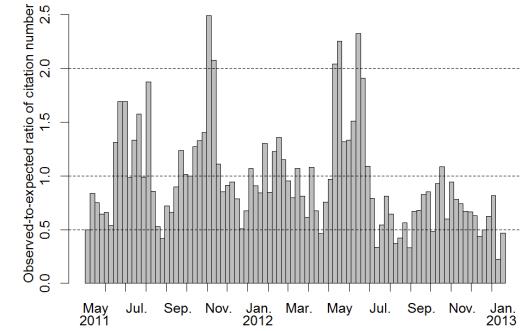
Ensemble des partitions possibles



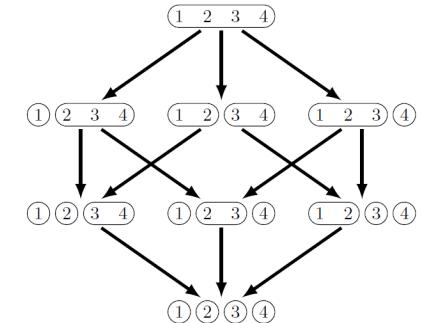
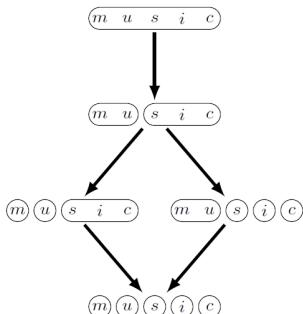
Sémantique géographique



Sémantique temporelle



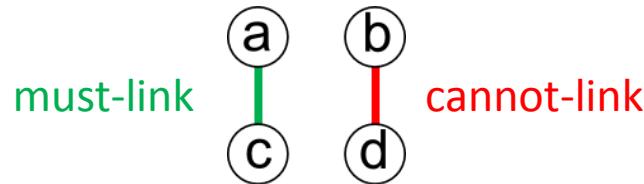
**Construire l'ensemble
des partitions admissibles**



Constraining the partitionnement

Au niveau des individus

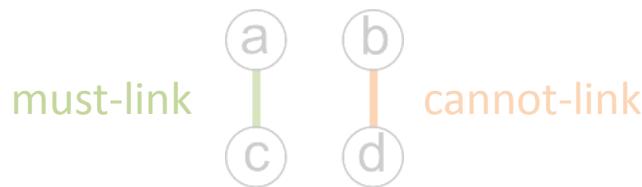
[Davidson et Basu, 2007]



Constraining the partitioning

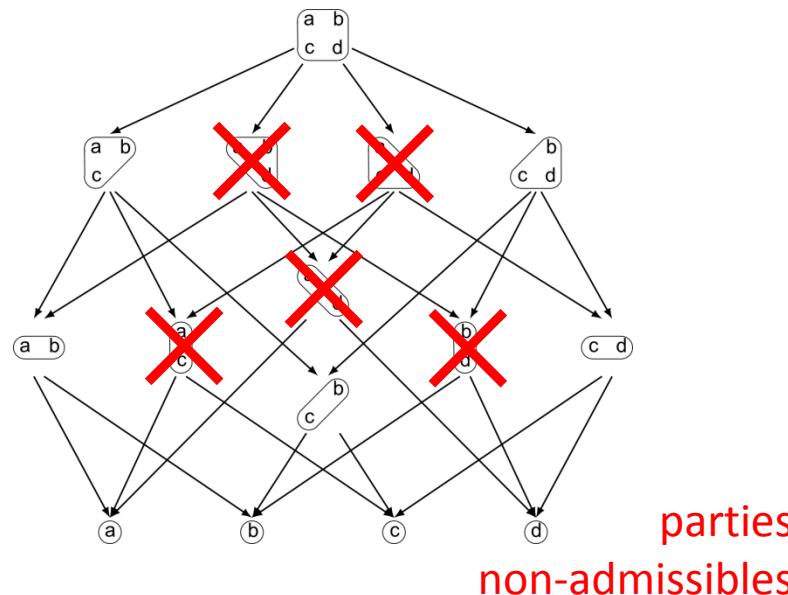
Au niveau des individus

[Davidson et Basu, 2007]



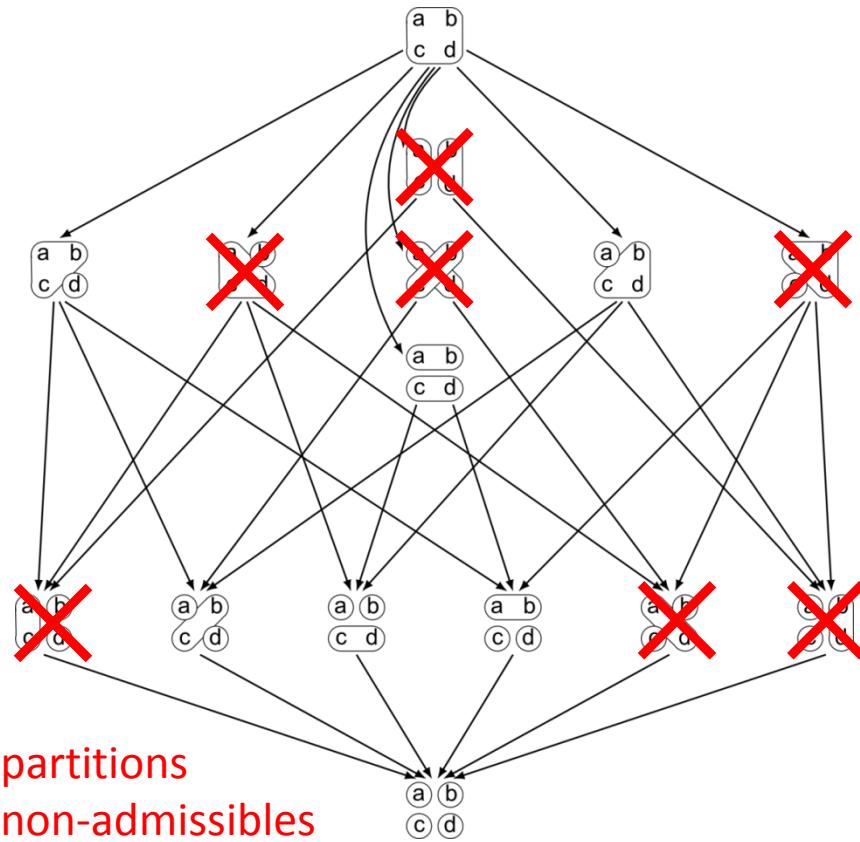
Au niveau des parties

[Lamarche-Perrin et al., IAT 2013]



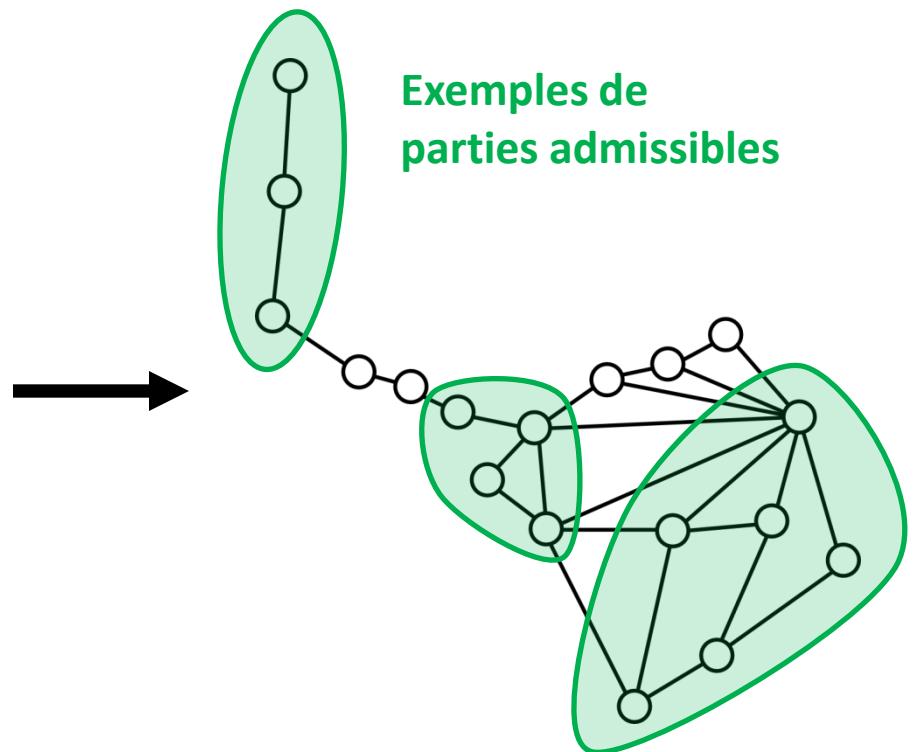
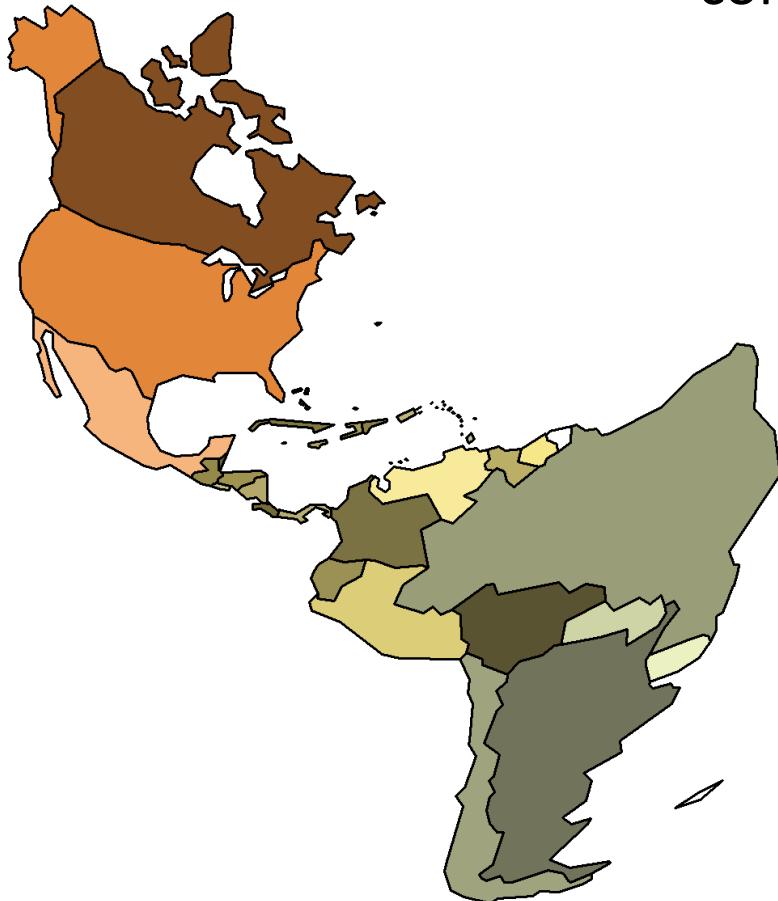
Au niveau des partitions

[Lamarche-Perrin et al., IAT 2013]



Conserver la relation de voisinage

Parties admissibles : ensembles de pays connexes vis-à-vis du graphe de voisinage

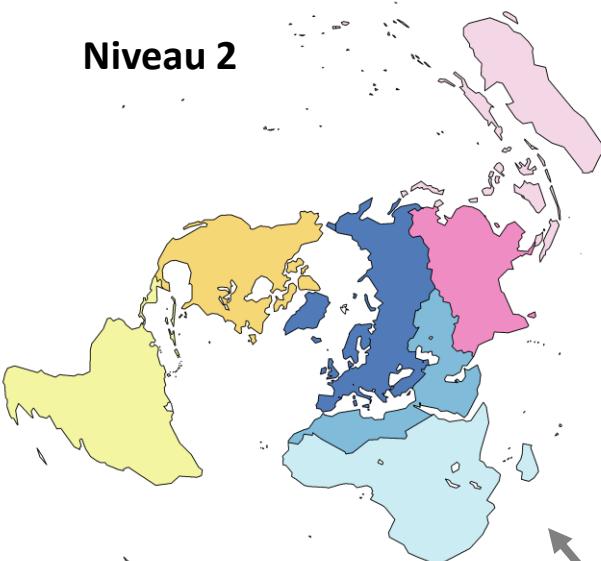


Exemples de parties admissibles

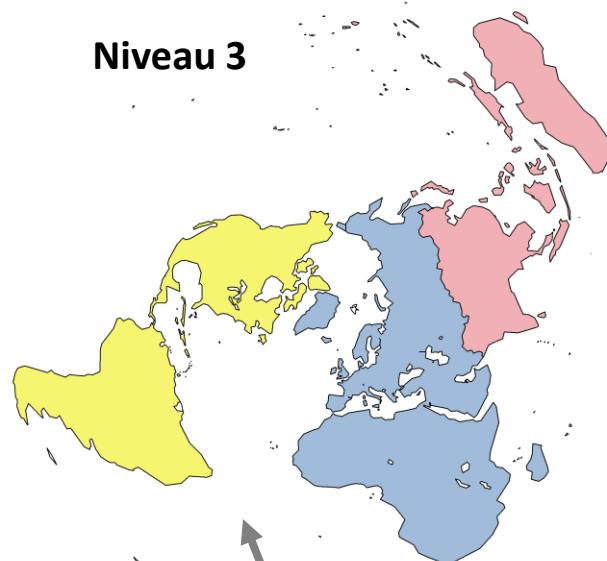
La hiérarchie WUTS

[Grasland et Didelon, 2007]

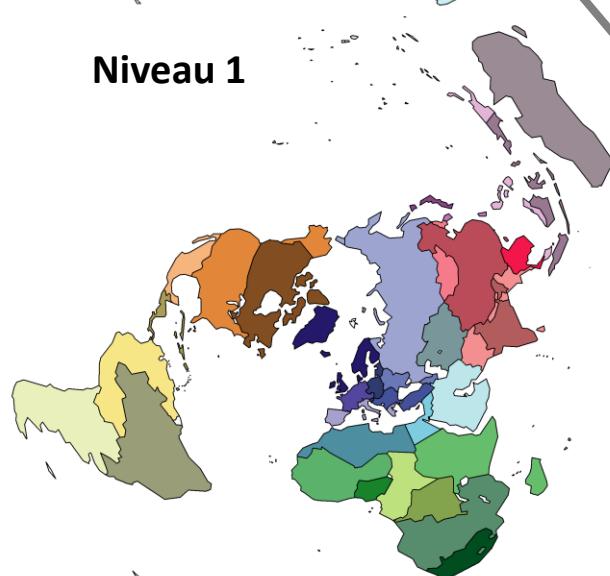
Niveau 2



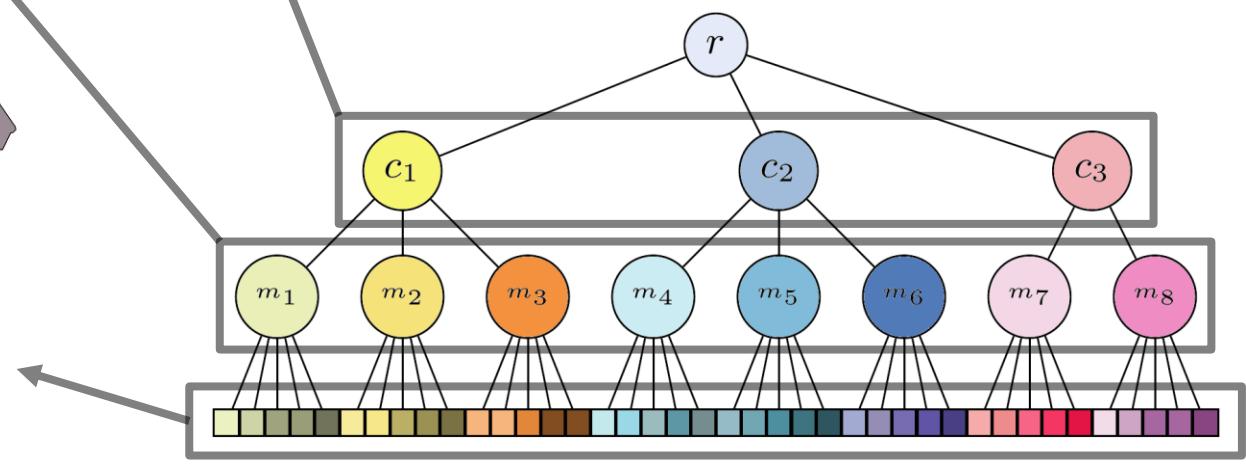
Niveau 3



Niveau 1



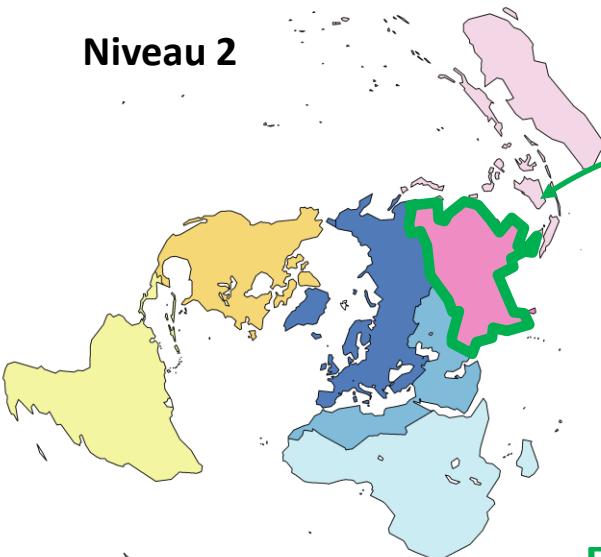
Parties admissibles :
ensembles de pays proches
sur le plan politique,
culturel, économique, etc.



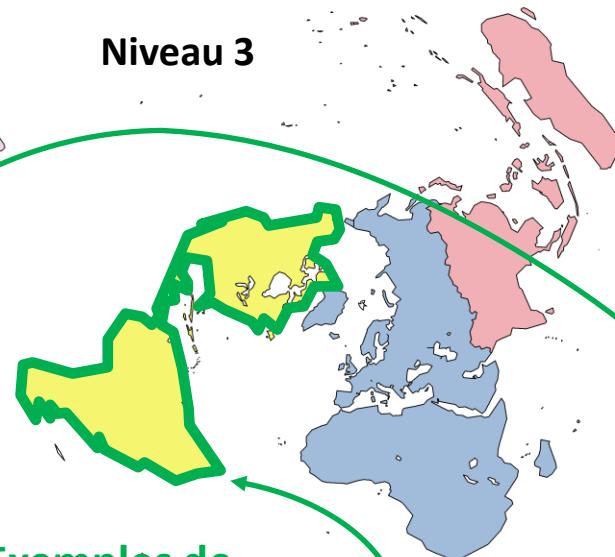
La hiérarchie WUTS

[Grasland et Didelon, 2007]

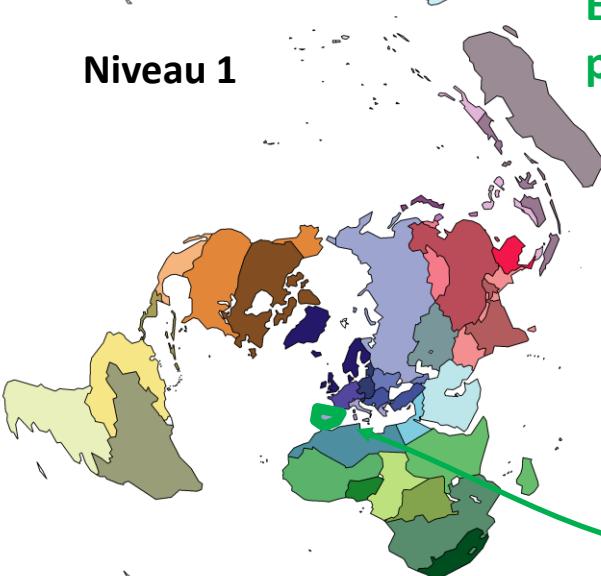
Niveau 2



Niveau 3

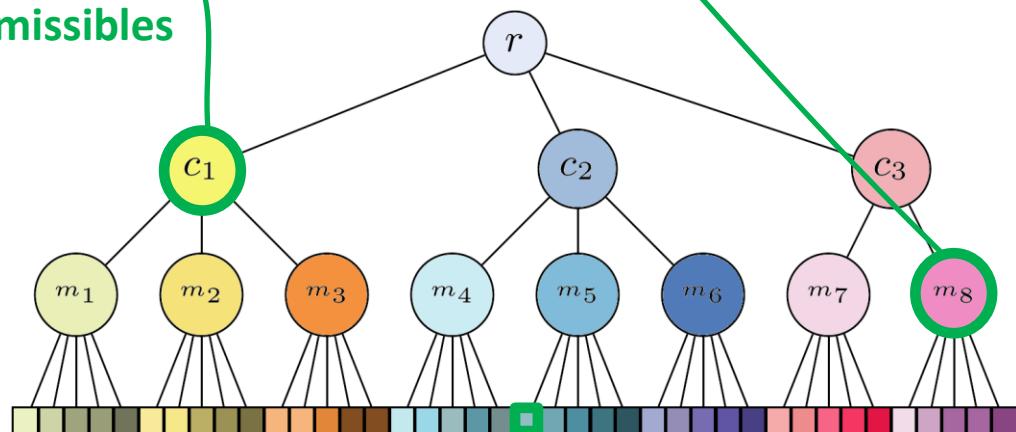


Niveau 1



Exemples de
parties admissibles

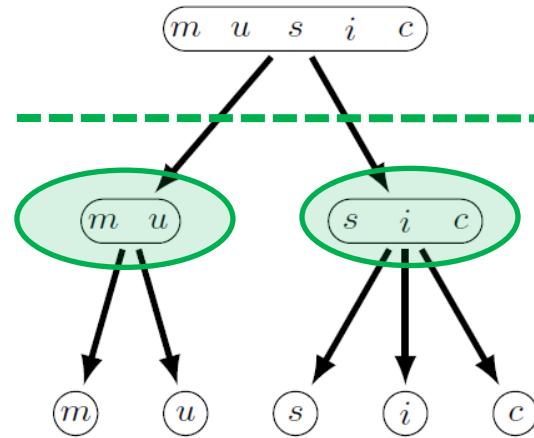
Parties admissibles :
ensembles de pays proches
sur le plan politique,
culturel, économique, etc.



Agrégation selon une hiérarchie

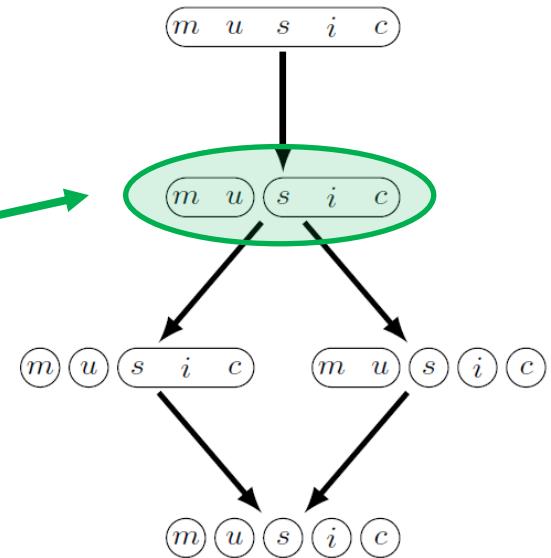
Parties admissibles

(nœuds de la hiérarchie)



Partitions admissibles

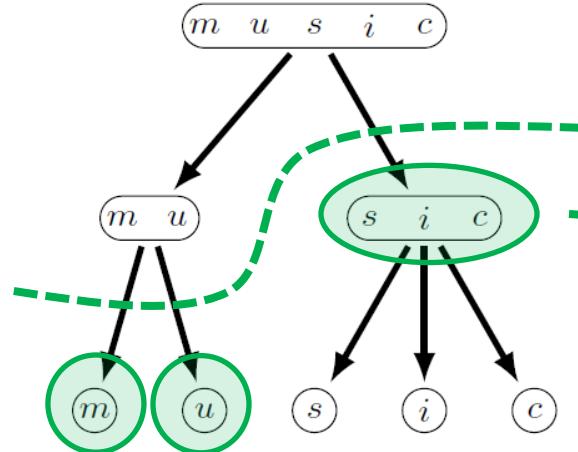
(coupe dans la hiérarchie)



Agrégation selon une hiérarchie

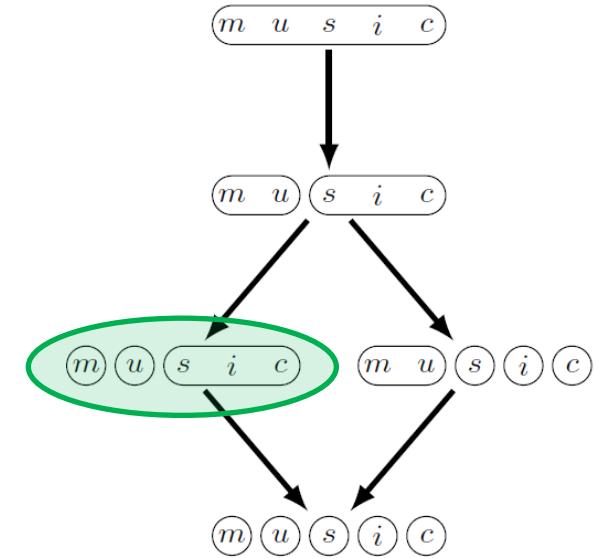
Parties admissibles

(nœuds de la hiérarchie)



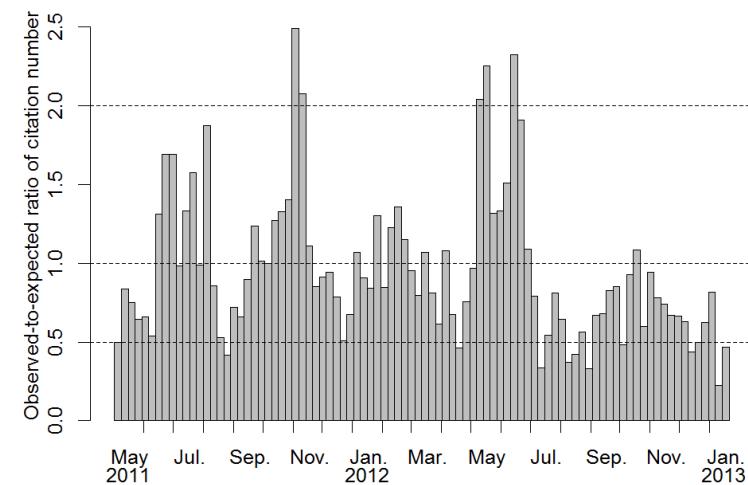
Partitions admissibles

(coupe dans la hiérarchie)

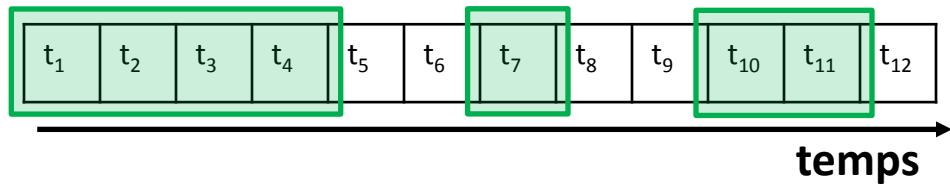


Conserver l'ordre du temps

Parties admissibles :
intervalles de temps

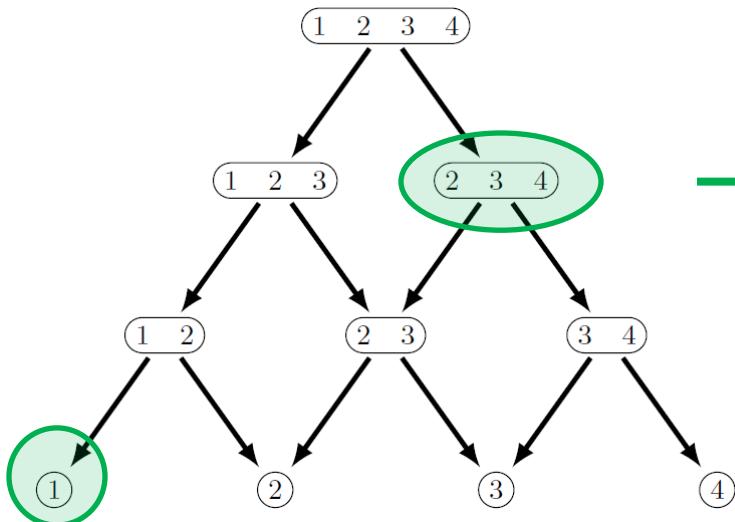


Exemples de parties admissibles

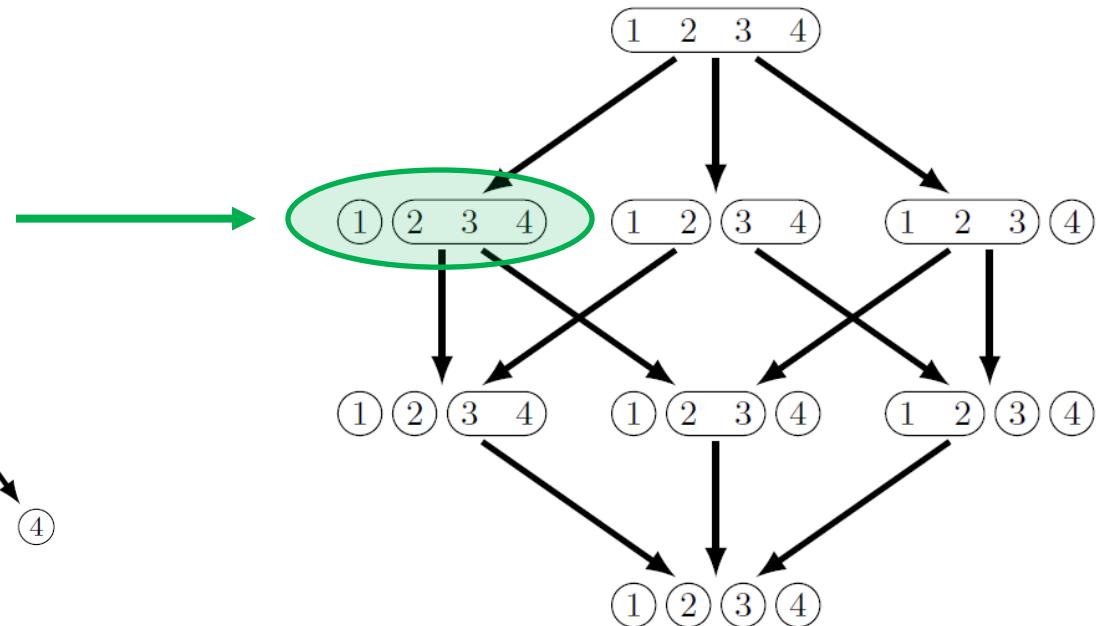


Agrégation selon un ordre total

Parties admissibles
(intervalles de temps)

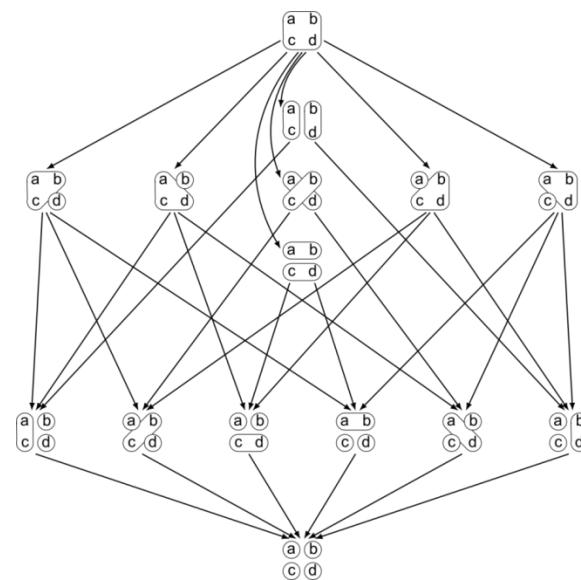


Partitions admissibles
(séquences d'intervalles)

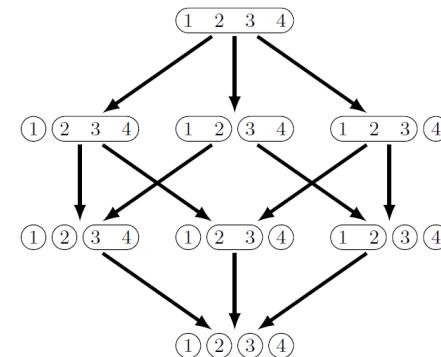


Complexité des structures algébriques

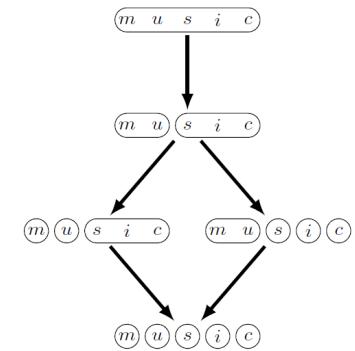
Partitions
non-constraintes



Partitions admissibles
selon un **ordre total**



Partitions admissibles
selon une **hiérarchie**



Moins constraint
Plus complexe

Plus constraint
Moins complexe

Mon approche

P0 Caractériser le processus d'agrégation

→ Algèbre des partitions possibles

P1 Conserver la sémantique du système

→ Contraindre le partitionnement

Agréger selon plusieurs dimensions

→ Des contraintes adaptées aux topologies du système

P2 Évaluer et comparer les représentations

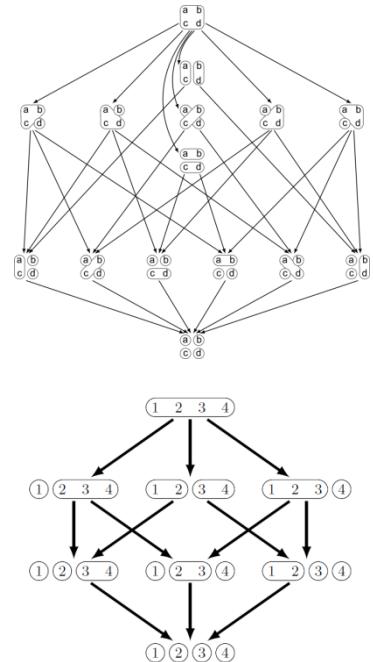
→ Mesurer la complexité et l'information

Proposer plusieurs niveau de granularité

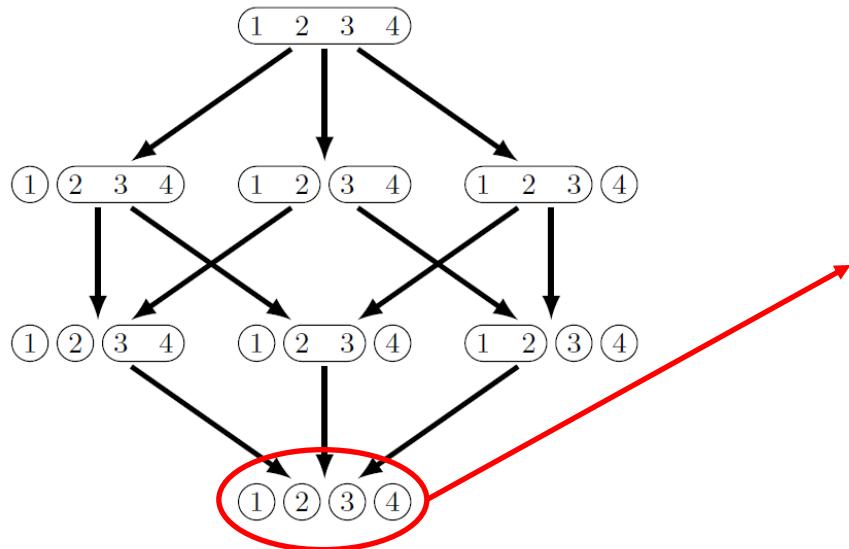
→ Optimiser un compromis de qualité

P3 Calculer les meilleures représentations

→ Algorithme générique d'optimisation sous contraintes

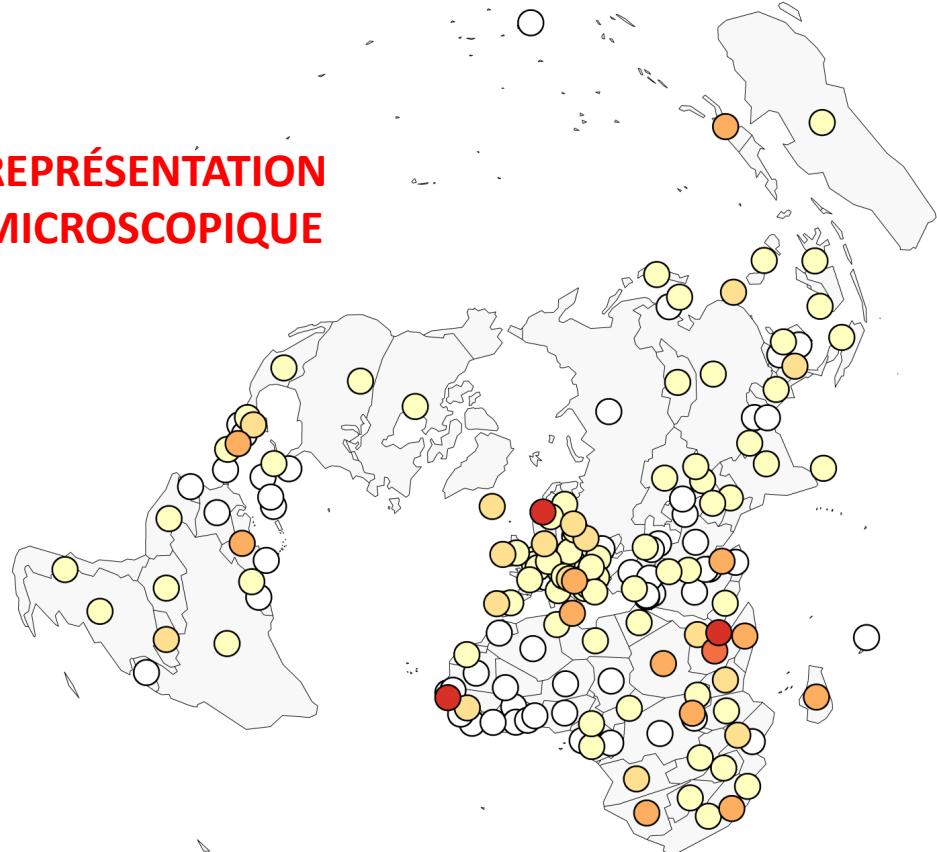


Objectifs et difficultés



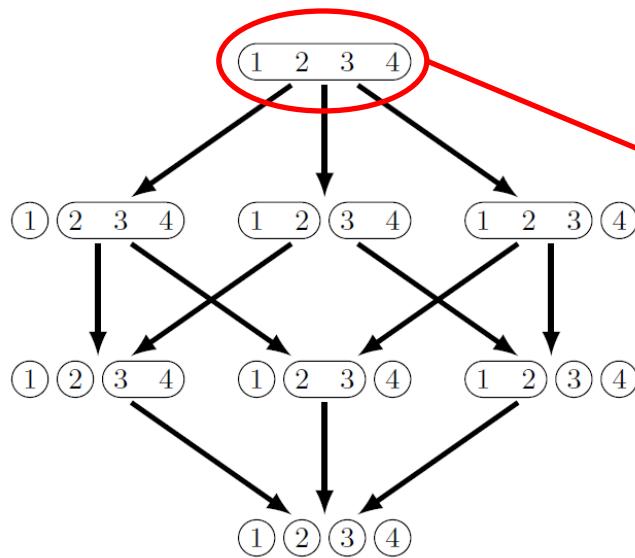
REPRÉSENTATION
MICROSCOPIQUE

Quelle partition admissible
est la meilleure pour un jeu
de données particulier ?



→ TROP COMPLEXE POUR
PASSER À L'ÉCHELLE

Objectifs et difficultés



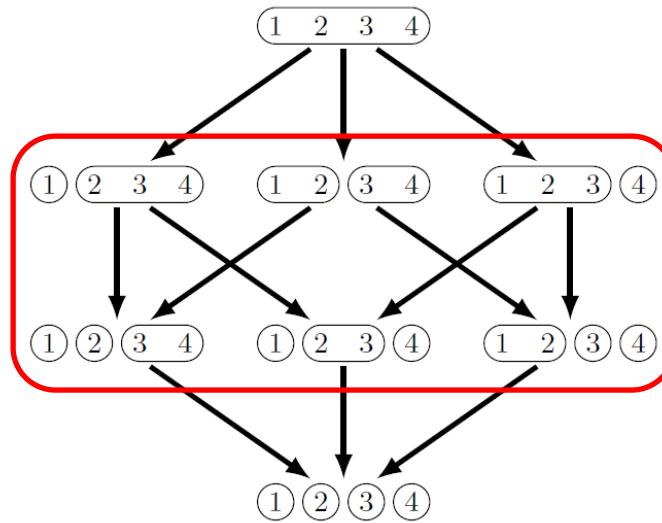
REPRÉSENTATION
ENTIÈREMENT AGRÉGÉE



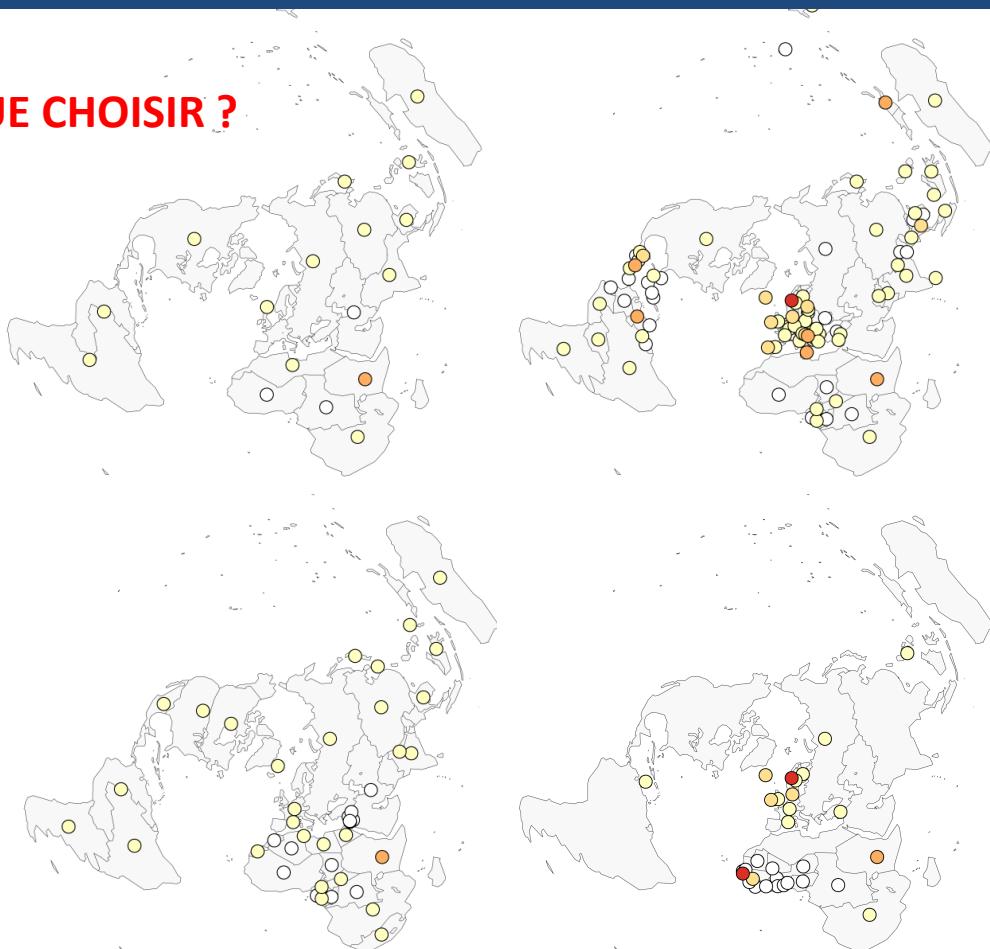
Quelle partition admissible
est la meilleure pour un jeu
de données particulier ?

→ NE DONNE QUE TRÈS
PEU D'INFORMATION

Objectifs et difficultés

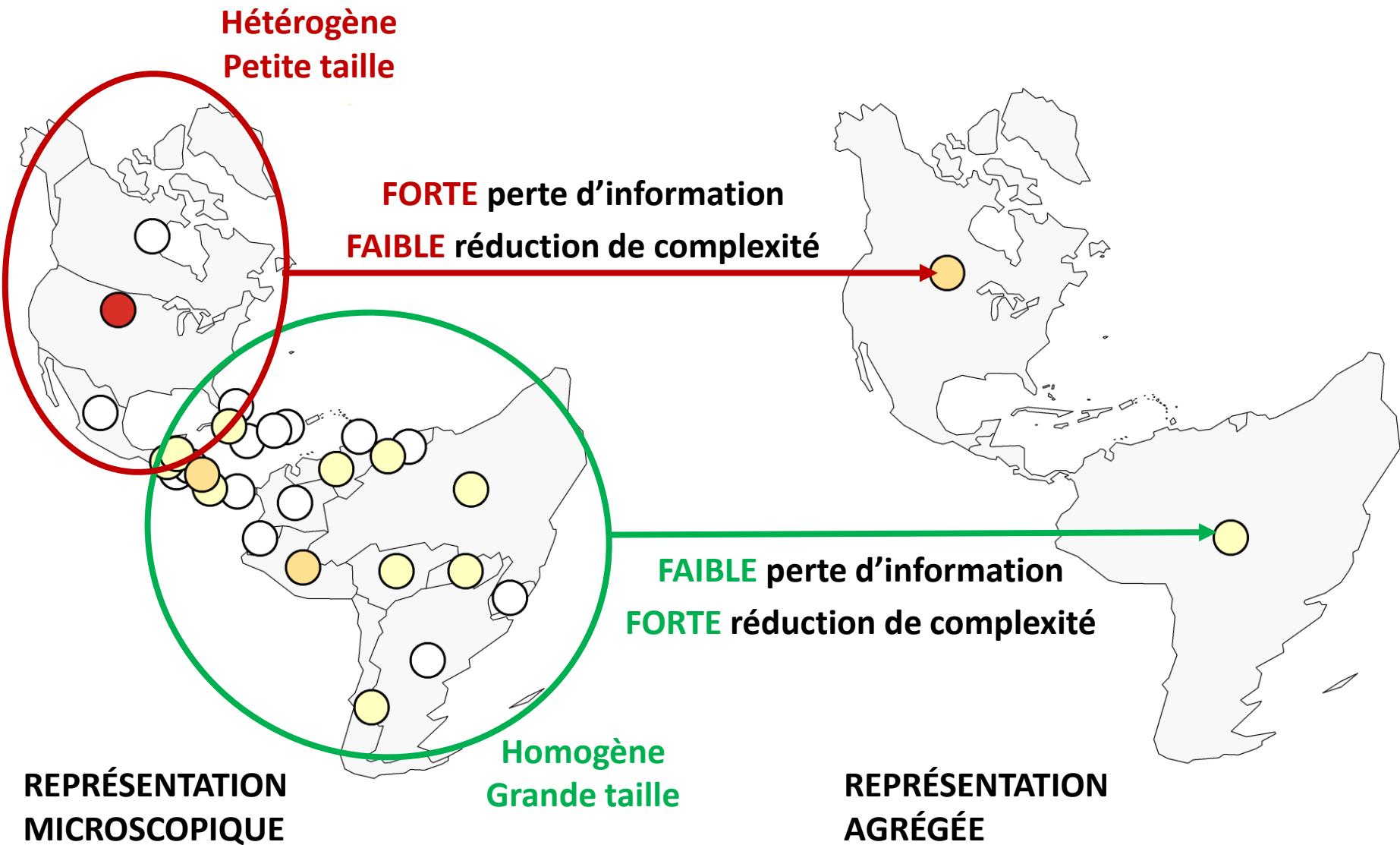


QUE CHOISIR ?

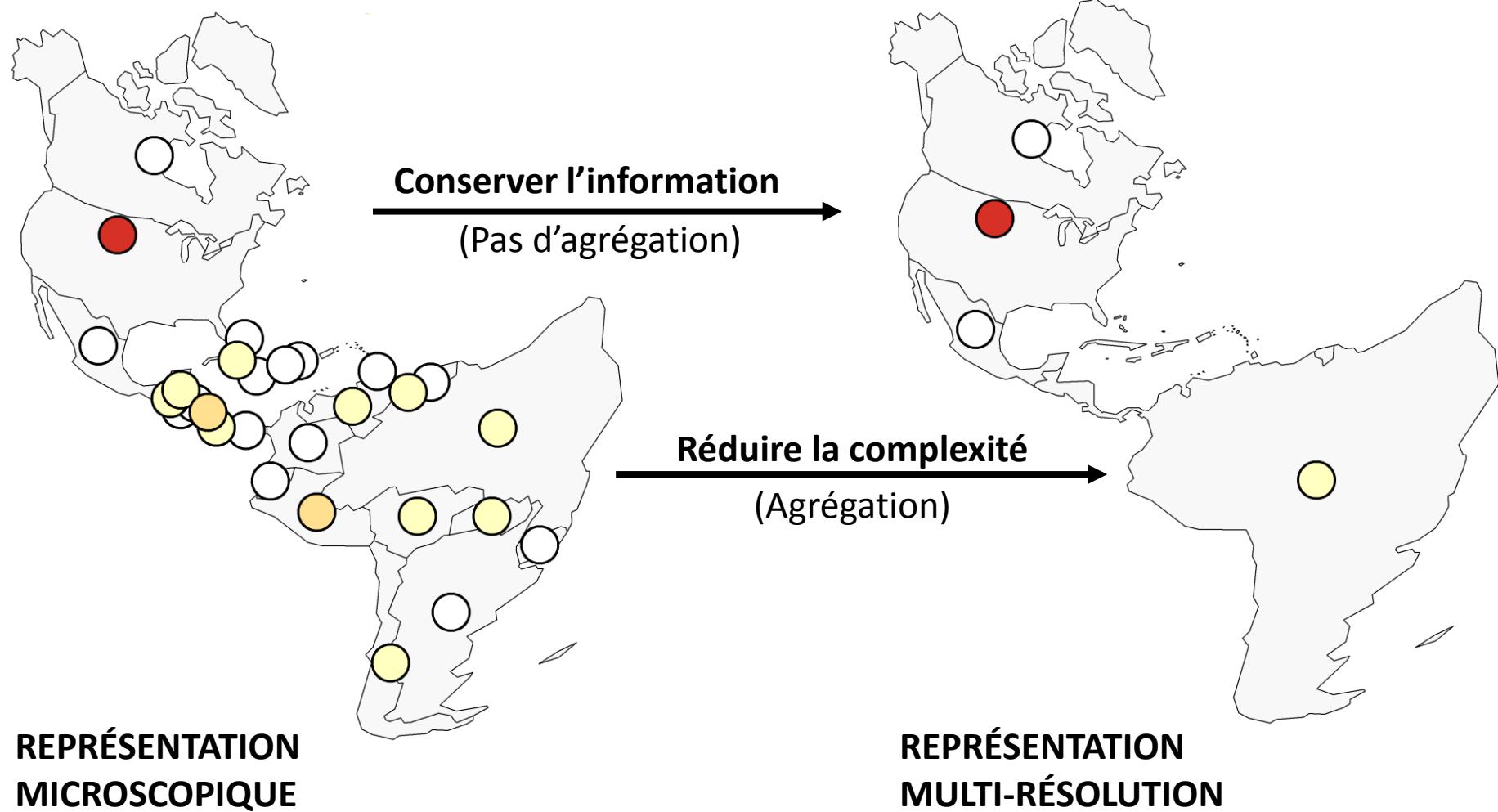


**Quelle partition admissible
est la meilleure pour un jeu
de données particulier ?**

Complexité et information



Complexité et information



Mesures de qualité

[Lamarche-Perrin et al., ECCS 2012]

La **complexité** dépend de la **tâche à accomplir** et des **outils de description** disponibles

[Bonabeau et Dessalles, 1997]

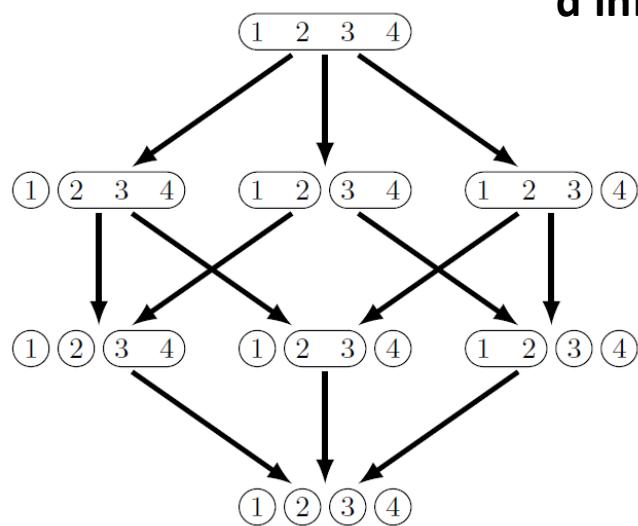
La **perte d'information** est mesurée par la **divergence** entre deux distributions de probabilité

[Kullback et Leibler, 1951]

Nombre d'agrégats représentés :

$$T(\mathcal{X}) = |\mathcal{X}|$$

Complexité



Perte
d'information

Divergence de
Kullback-Leibler :

$$D(\mathcal{X}) = \sum_{X \in \mathcal{X}} \sum_{x \in X} \frac{v(x)}{v(\Omega)} \log_2 \left(\frac{v(x) |X|}{v(X)} \right)$$

Décomposabilité des mesures

Nombre d'agrégats représentés :

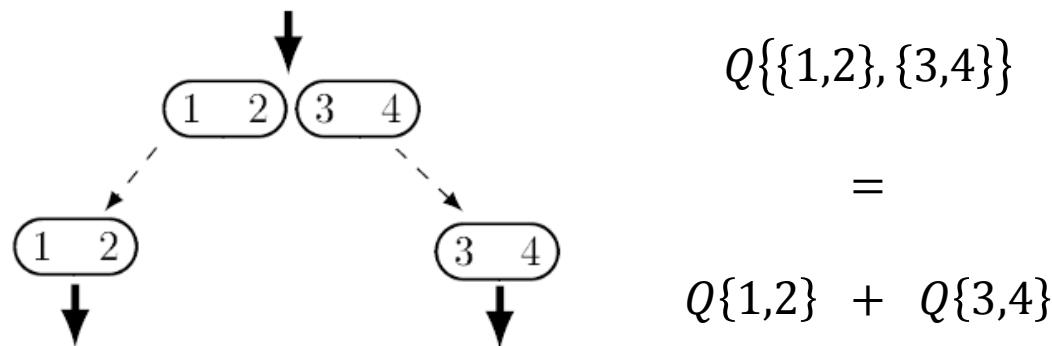
$$T(\mathcal{X}) = |\mathcal{X}|$$

Divergence de Kullback-Leibler :

$$D(\mathcal{X}) = \sum_{x \in \mathcal{X}} \sum_{x \in X} \frac{v(x)}{v(\Omega)} \log_2 \left(\frac{v(x) |X|}{v(X)} \right)$$

Décomposabilité additive : La qualité d'une partition est la somme des qualités de ses parties

[Jackson *et al.*, 2005] [Csiszár, 2008]

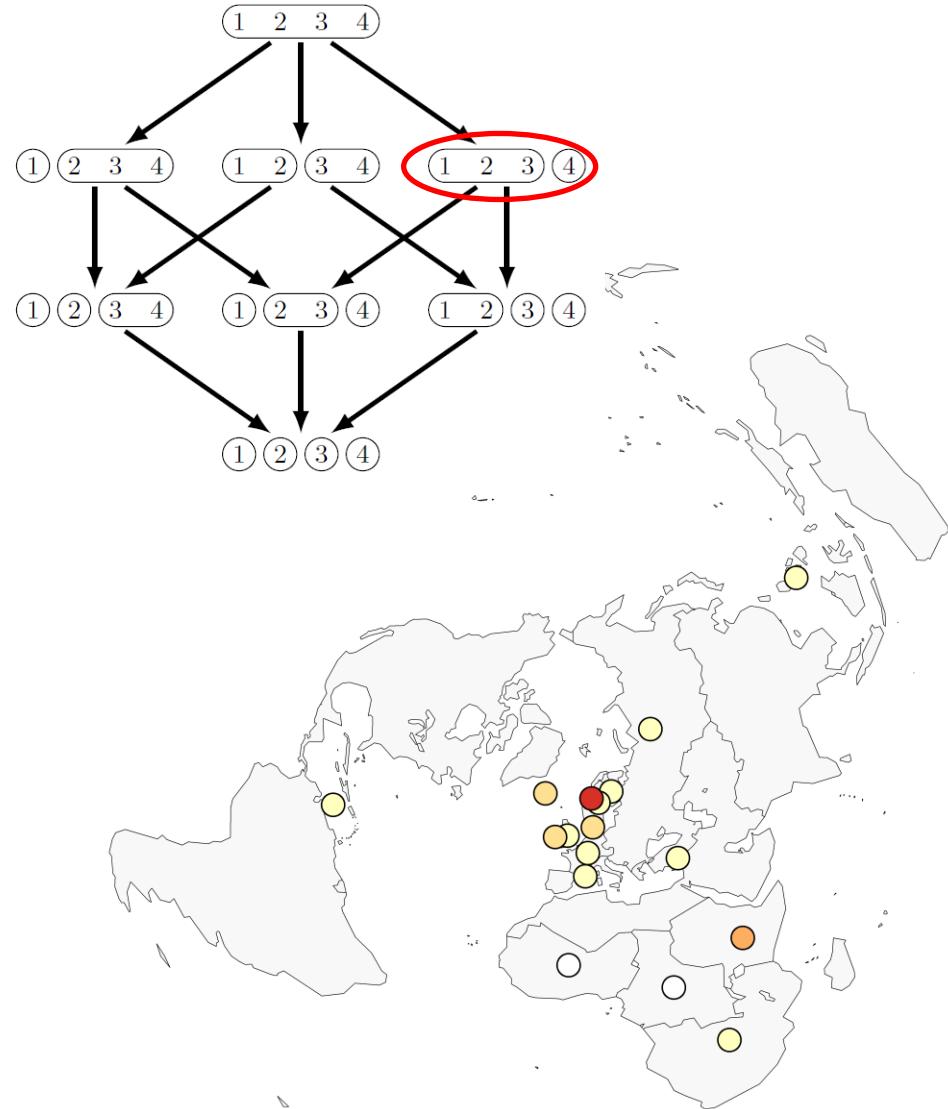
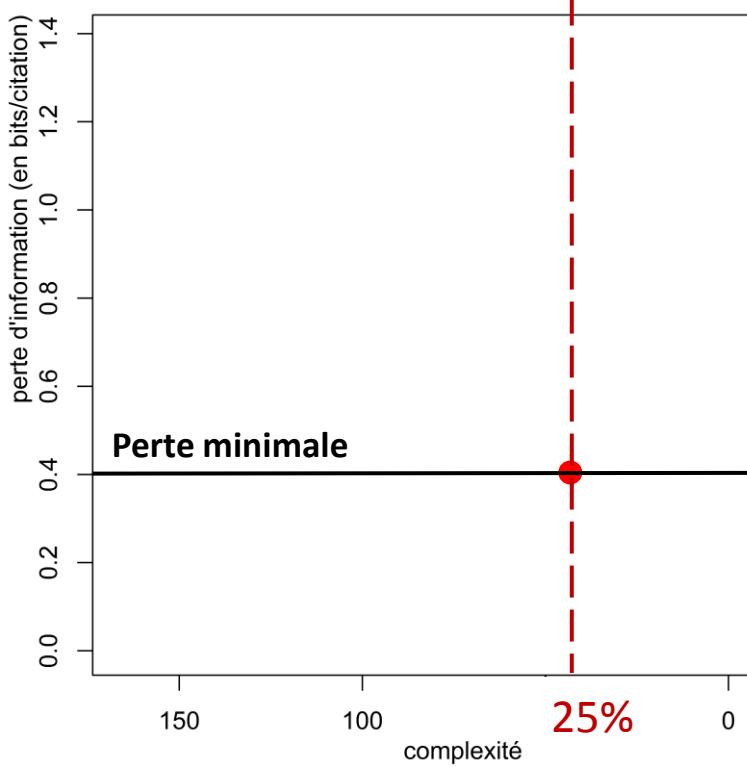


Optimisation des mesures de qualité

Deux critères d'évaluation indépendants

Compromis de qualité :

$$CQL_\alpha = \alpha \frac{\Delta T}{\Delta T_{\max}} - (1 - \alpha) \frac{D}{D_{\max}}$$

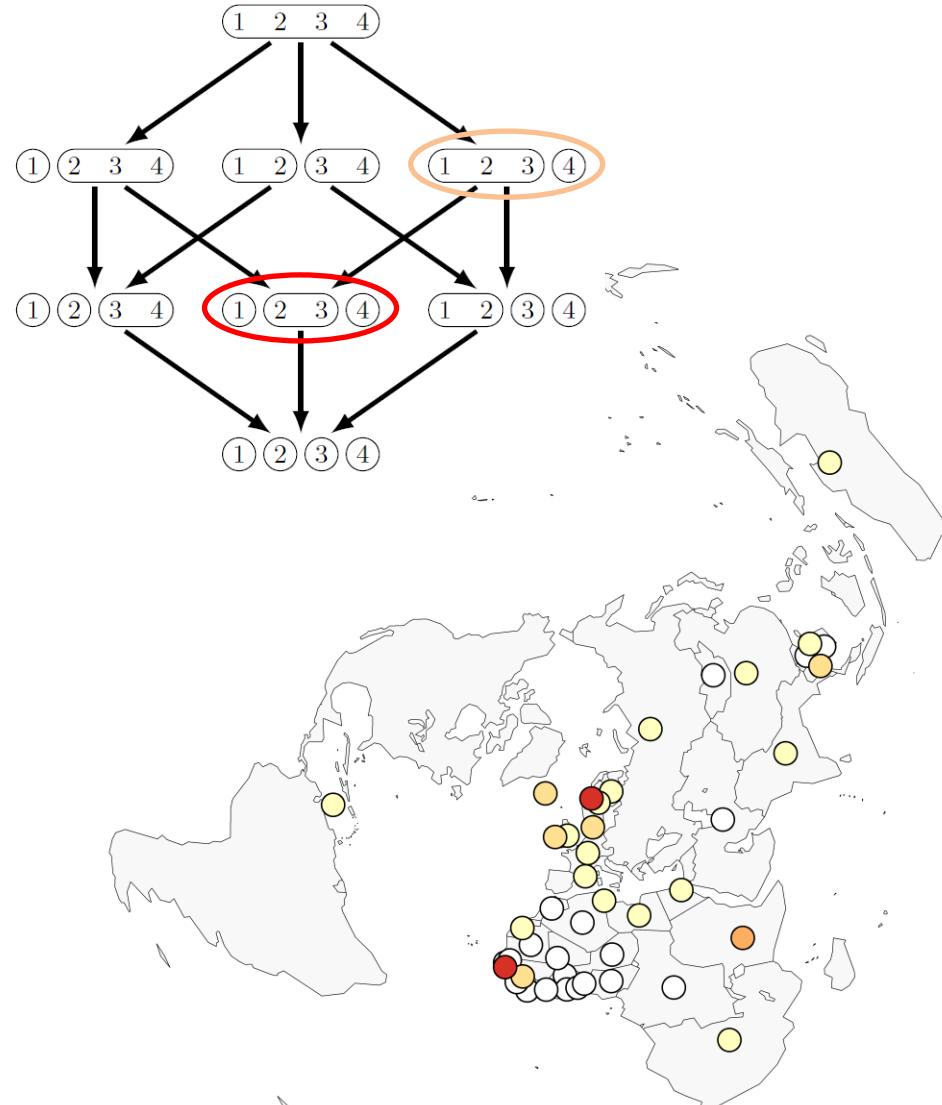
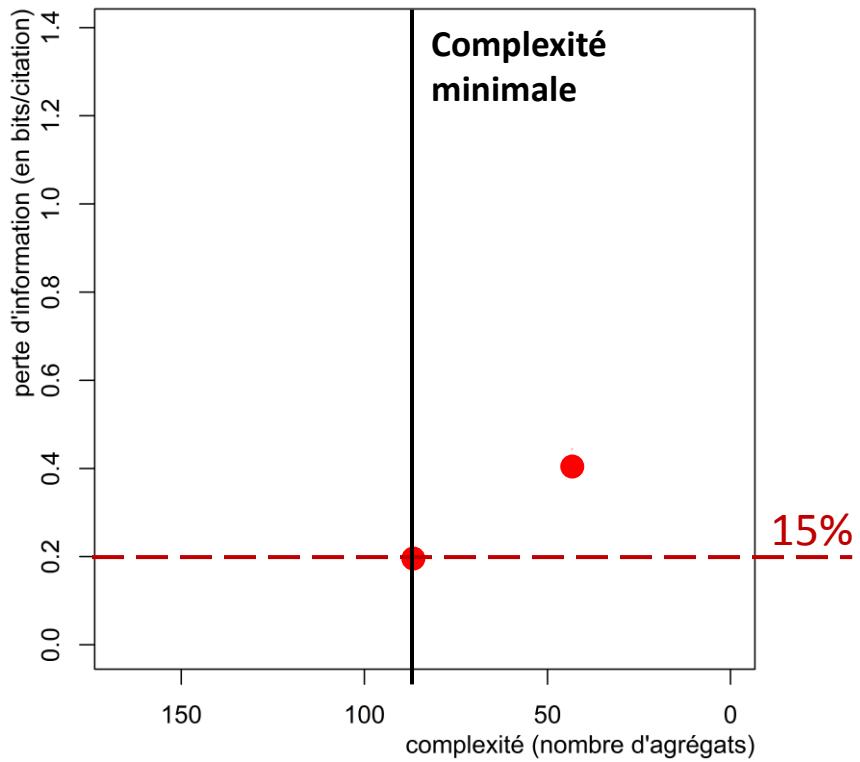


Optimisation des mesures de qualité

Deux critères d'évaluation indépendants

Compromis de qualité :

$$CQL_\alpha = \alpha \frac{\Delta T}{\Delta T_{\max}} - (1 - \alpha) \frac{D}{D_{\max}}$$

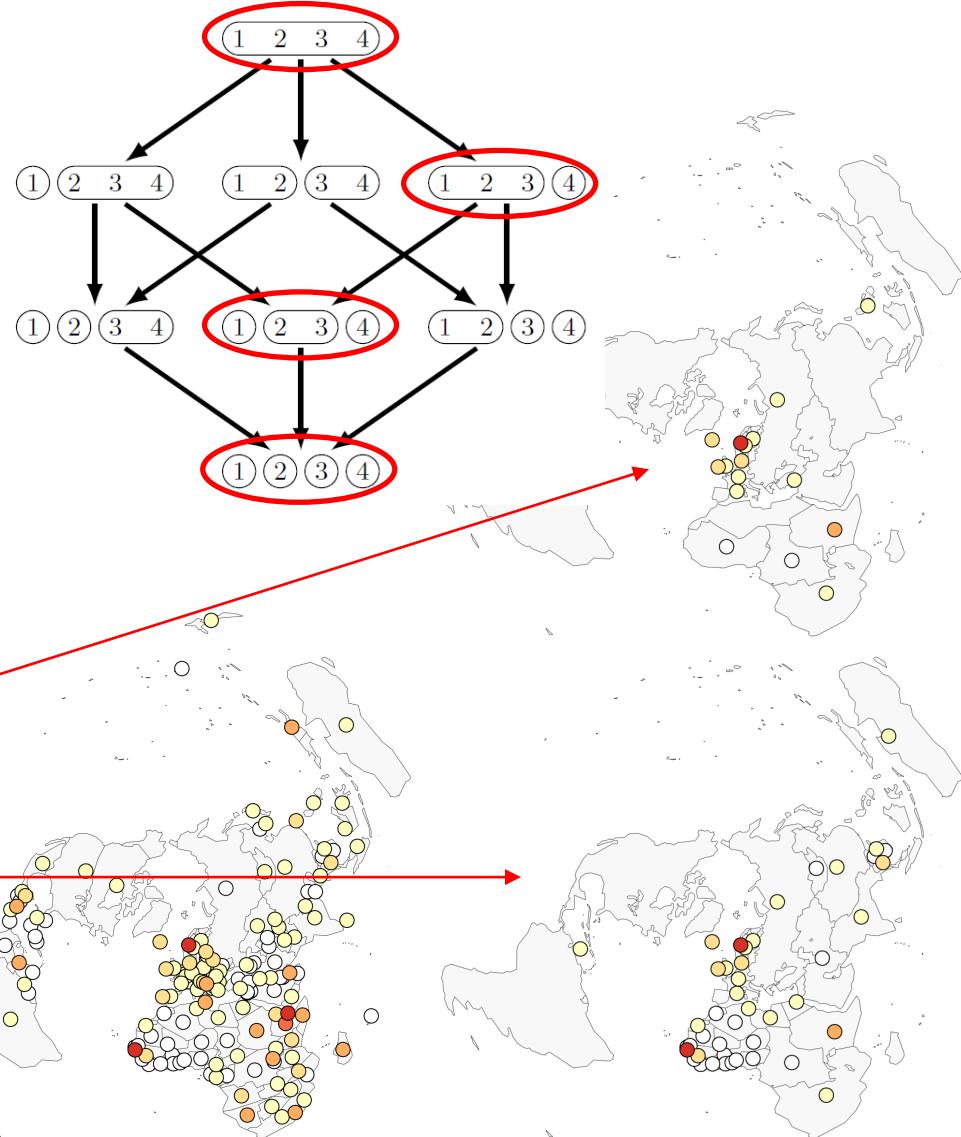
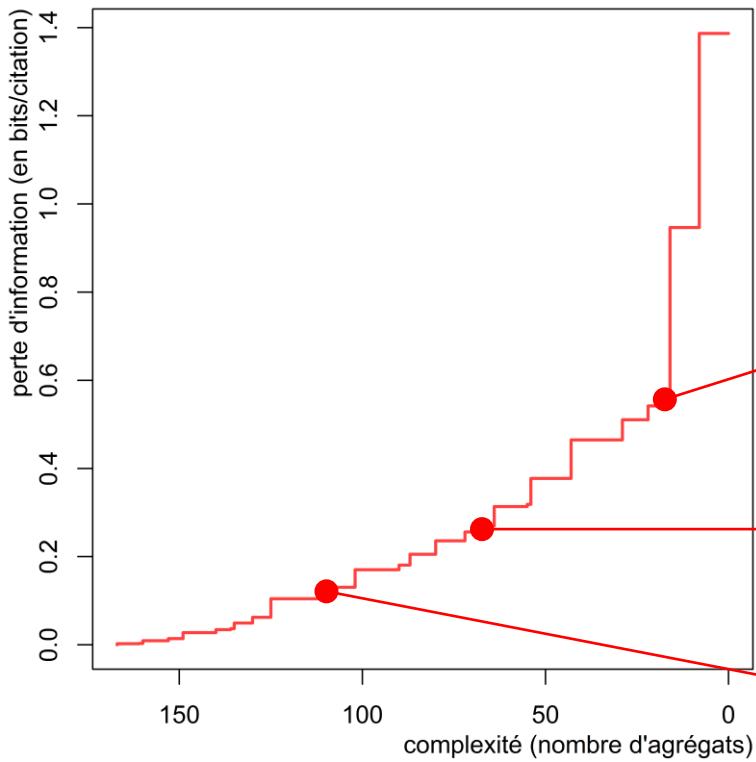


Optimisation des mesures de qualité

Deux critères d'évaluation indépendants

Compromis de qualité :

$$CQL_\alpha = \alpha \frac{\Delta T}{\Delta T_{\max}} - (1 - \alpha) \frac{D}{D_{\max}}$$



Mon approche

P0 Caractériser le processus d'agrégation

→ Algèbre des partitions possibles

P1 Conserver la sémantique du système

→ Contraindre le partitionnement

Agréger selon plusieurs dimensions

→ Des contraintes adaptées aux topologies du système

P2 Évaluer et comparer les représentations

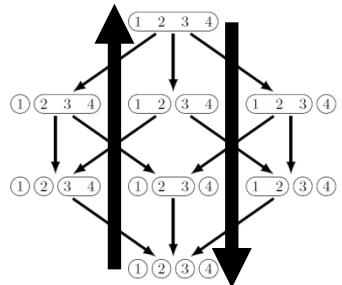
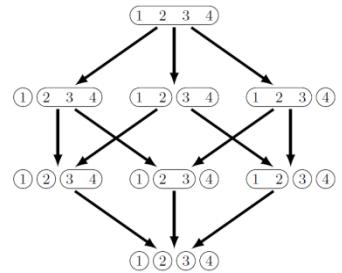
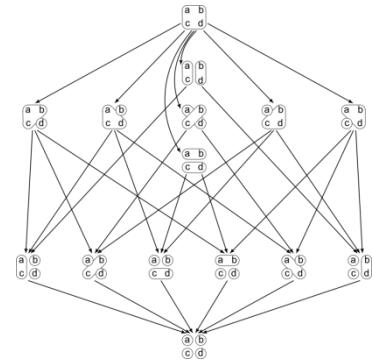
→ Mesurer la complexité et l'information

Proposer plusieurs niveau de granularité

→ Optimiser un compromis de qualité

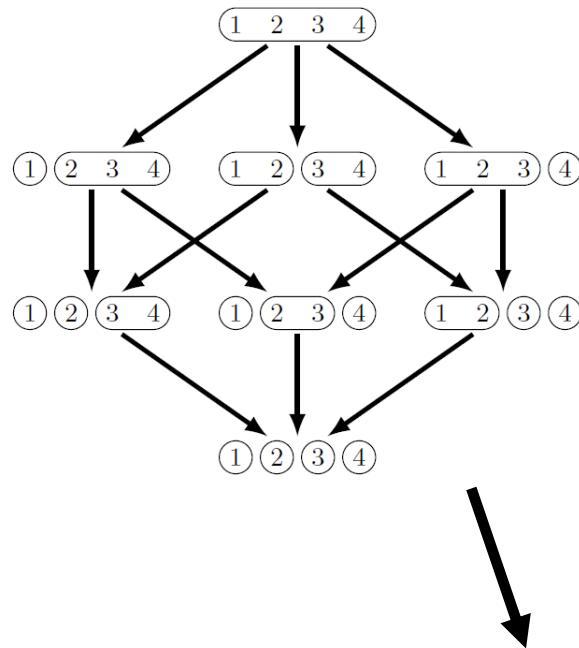
P3 Calculer les meilleures représentations

→ Algorithme générique d'optimisation sous contraintes



Objectifs

Contraintes d'admissibilité



Mesures de qualité

$$\Delta T(\mathcal{X}) = |\Omega| - |\mathcal{X}|$$

$$D(\mathcal{X}) = \sum_{X \in \mathcal{X}} \sum_{x \in X} \frac{v(x)}{v(\Omega)} \log_2 \left(\frac{v(x)|X|}{v(X)} \right)$$

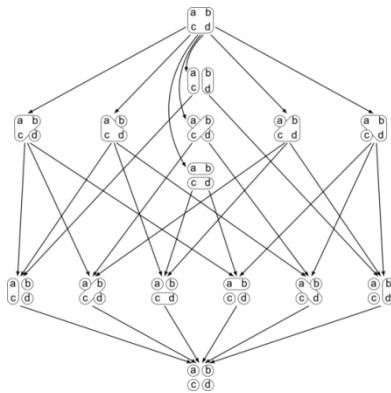
$$CQL_\alpha = \alpha \frac{\Delta T}{\Delta T_{\max}} - (1 - \alpha) \frac{D}{D_{\max}}$$



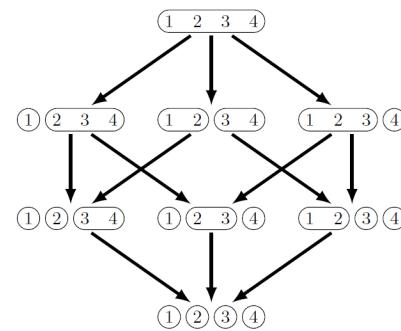
Problème des partitions admissibles optimales : quelle est la partition admissible qui optimise un compromis de qualité donné ?
 → problème d'optimisation sous contraintes

Complexité algorithmique exponentielle

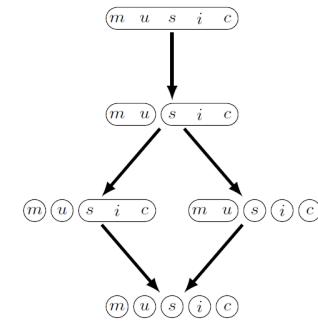
Ensemble non contraint



Ensemble ordonné



Ensemble hiérarchique



Nombre de partitions admissibles
(n = taille du système)

$$\Theta(e^{n \log n})$$

[Berend et Tassa, 2010]

$$\Theta(2^n)$$

$$\Theta(c^n)$$

[Lamarche-Perrin *et al.*, IAT 2013]

Algorithme de résolution efficace

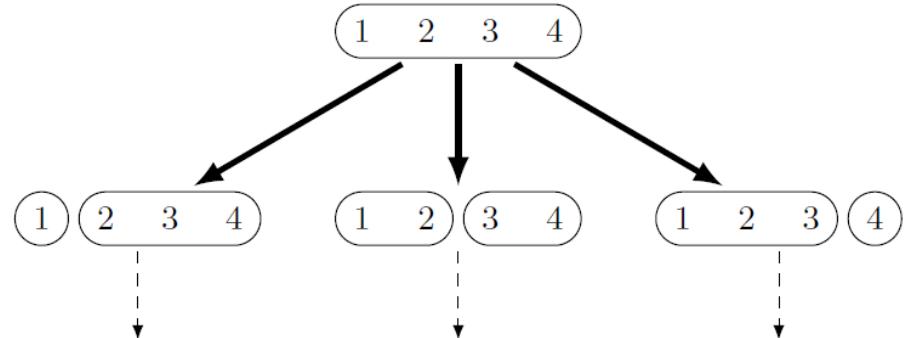
- **Méthodes classiques de partitionnement :** des heuristiques pour trouver des optima locaux [Halkidi *et al.*, 2001]
- **Dans notre cas :**
 - Les **contraintes d'admissibilité** permettent de réduire la complexité du problème
 - Les **propriétés algébriques** des mesures de qualité permettent de comparer efficacement les partitions

→ On cherche les optima globaux

Fonctionnement de l'algorithme

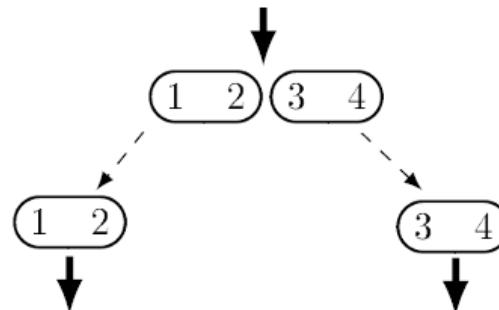
DIVISER...

Décomposition selon
la relation de raffinement



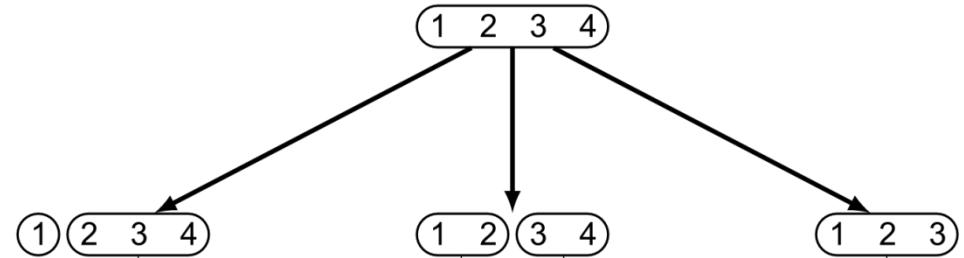
...POUR RÉGNER

Récursion selon la
décomposabilité des mesures

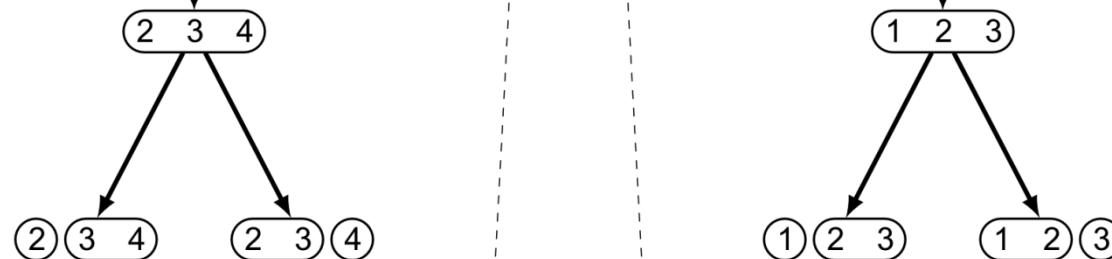


Exécution de l'algorithme

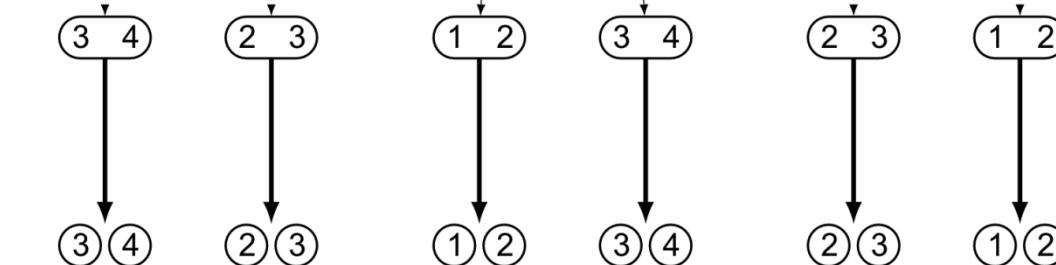
Décomposition



Récursion



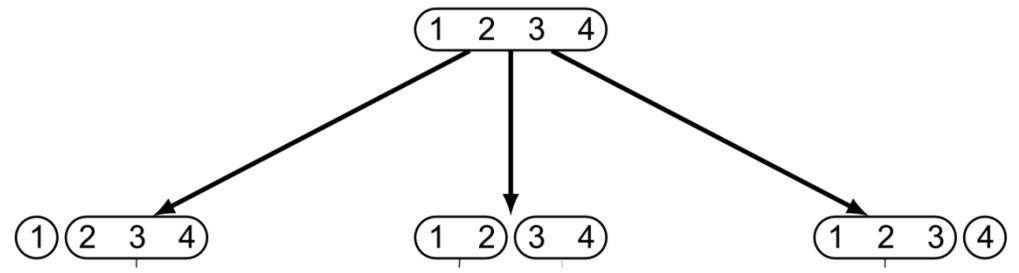
Décomposition



Décomposition

Exécution de l'algorithme

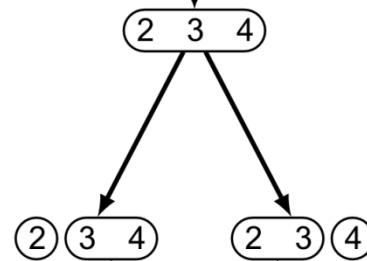
Décomposition



Récursion

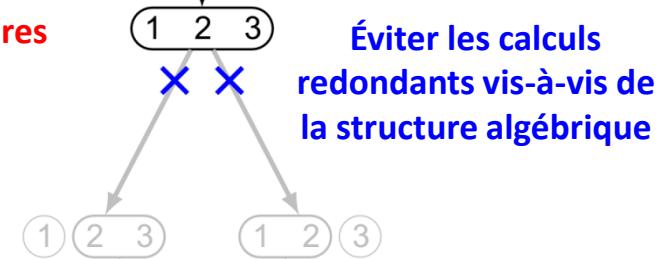
Stocker les résultats intermédiaires

Décomposition

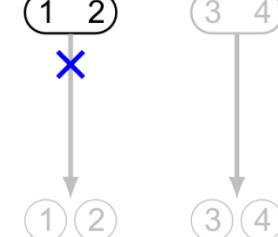


Récursion

Décomposition



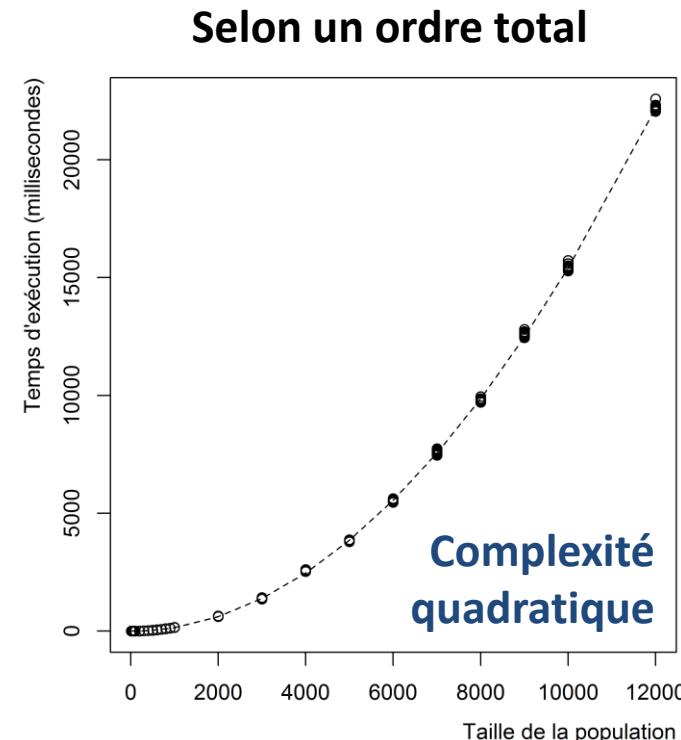
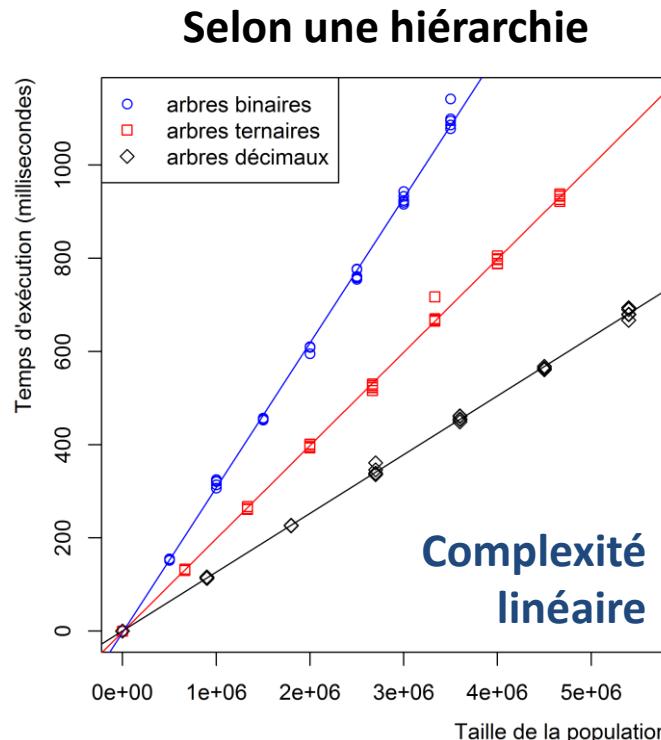
Éviter les calculs redondants vis-à-vis de la structure algébrique



Complexité de l'algorithme

La complexité spatiale et temporelle dépend directement des propriétés algébriques de l'ensemble des partitions admissibles

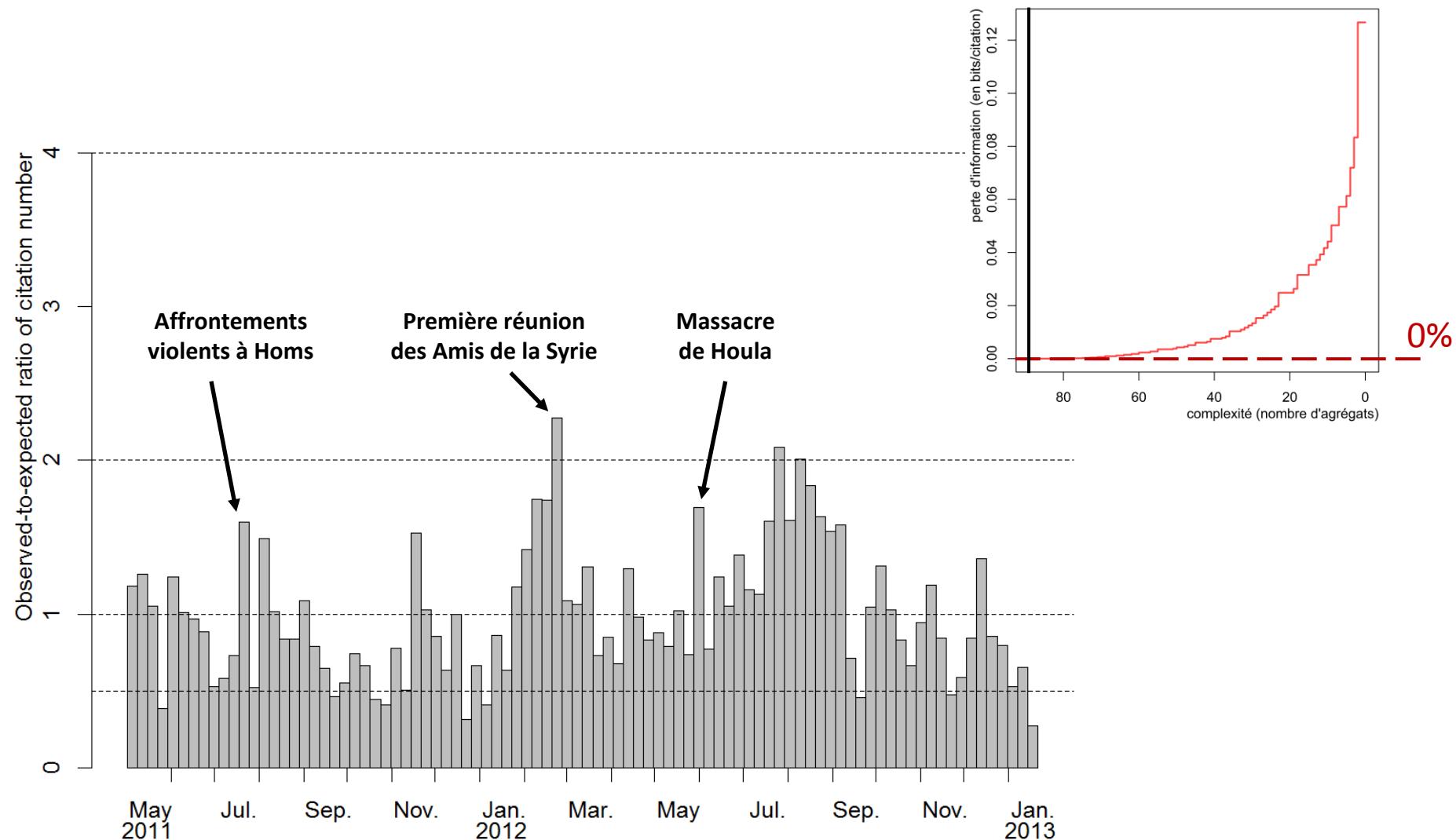
le plus constraint, le moins complexe



EXPÉRIENCES ET RÉSULTATS

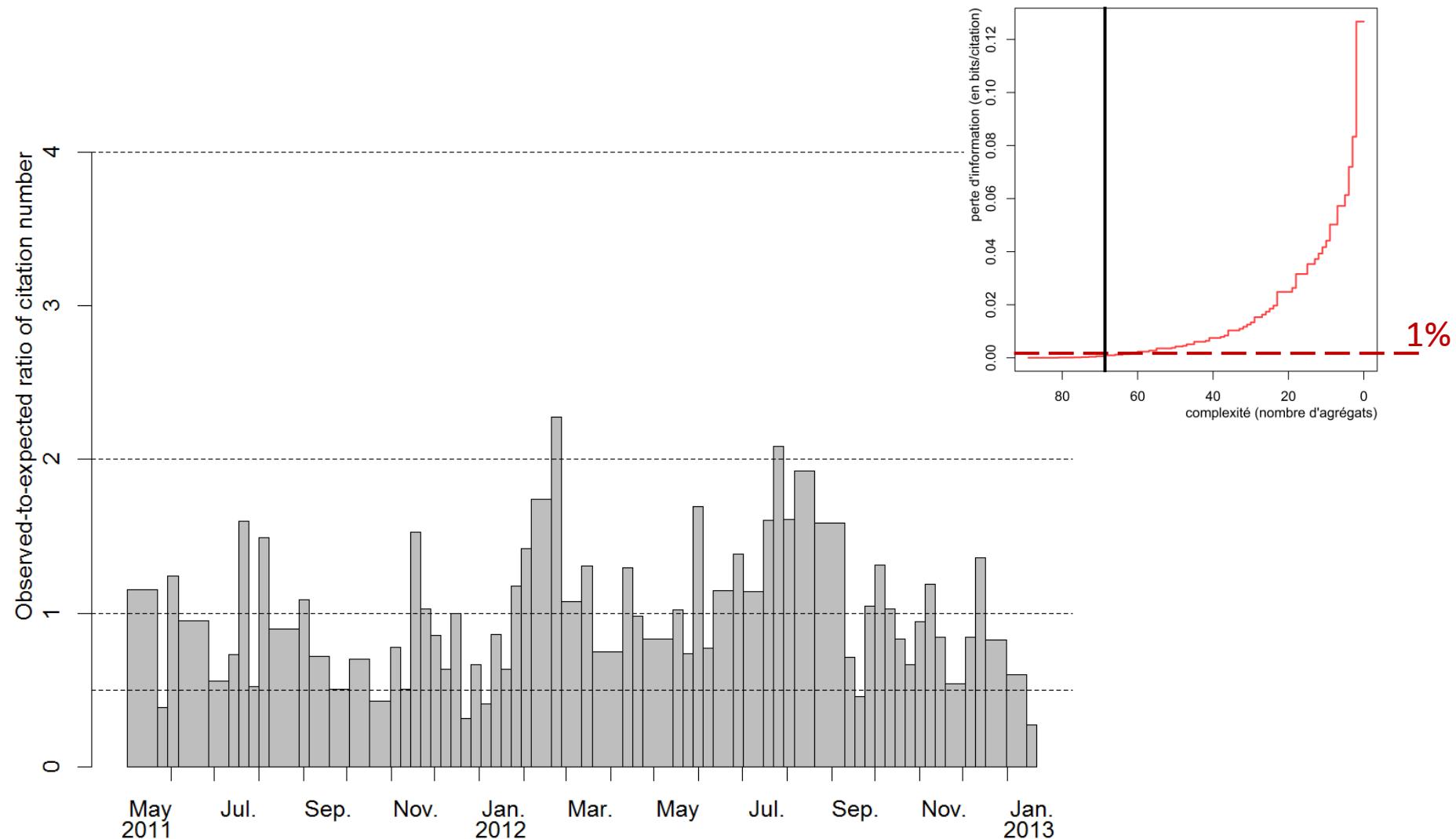
La Syrie vue par LE MONDE

[Giraud, Grasland, Lamarche-Perrin *et al.*, ECTQG 2013]



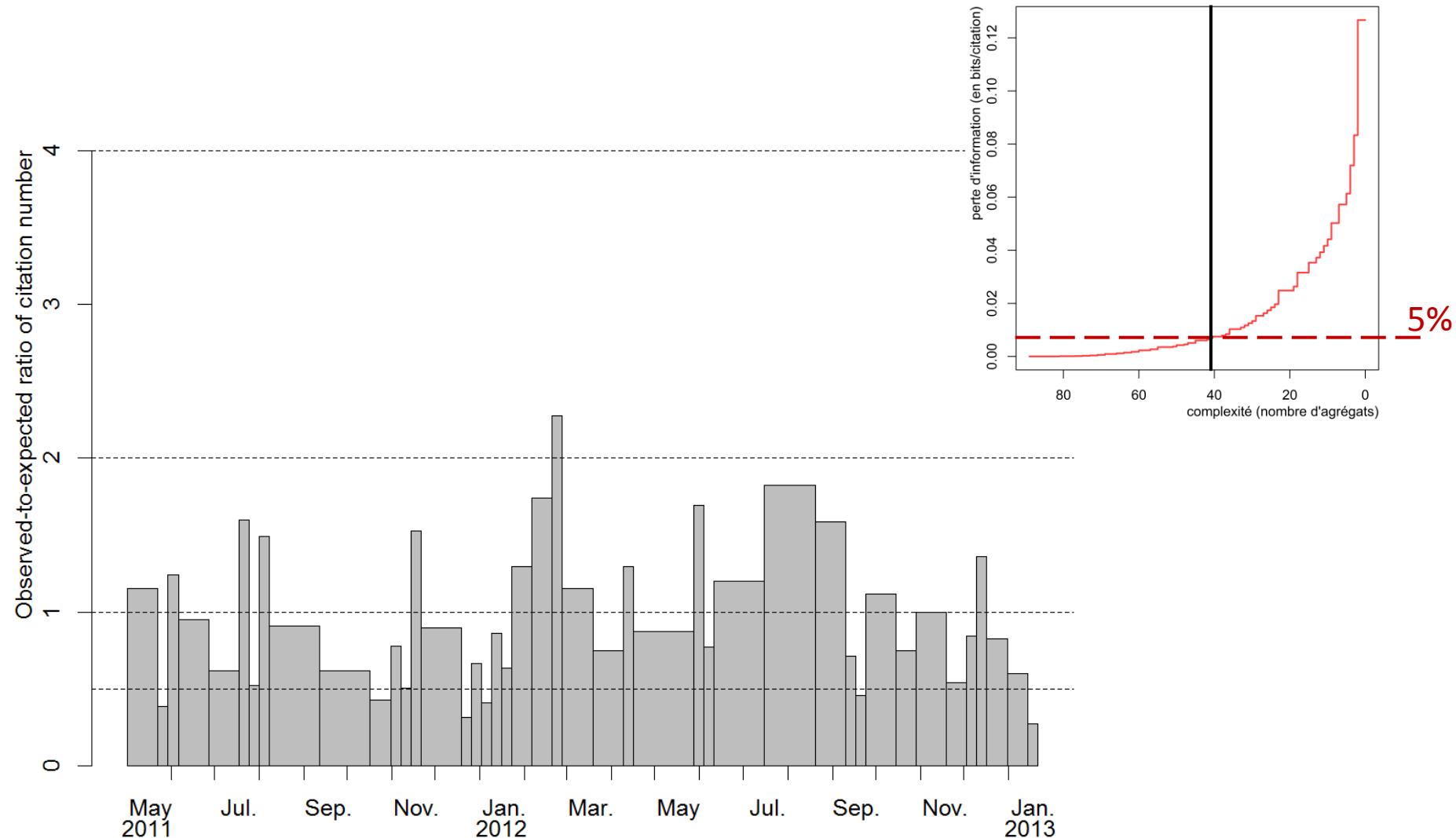
La Syrie vue par LE MONDE

[Giraud, Grasland, Lamarche-Perrin *et al.*, ECTQG 2013]



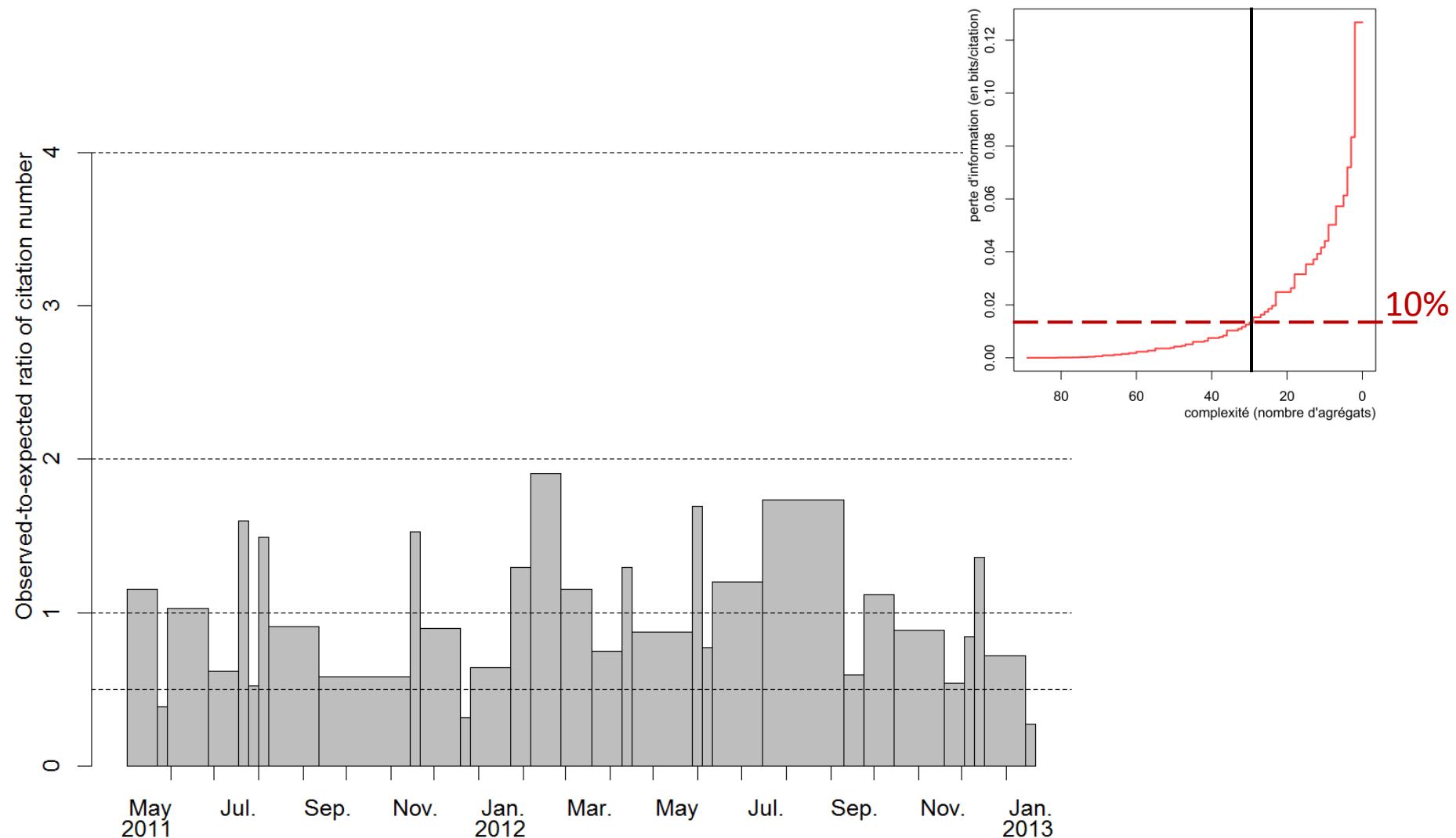
La Syrie vue par LE MONDE

[Giraud, Grasland, Lamarche-Perrin *et al.*, ECTQG 2013]



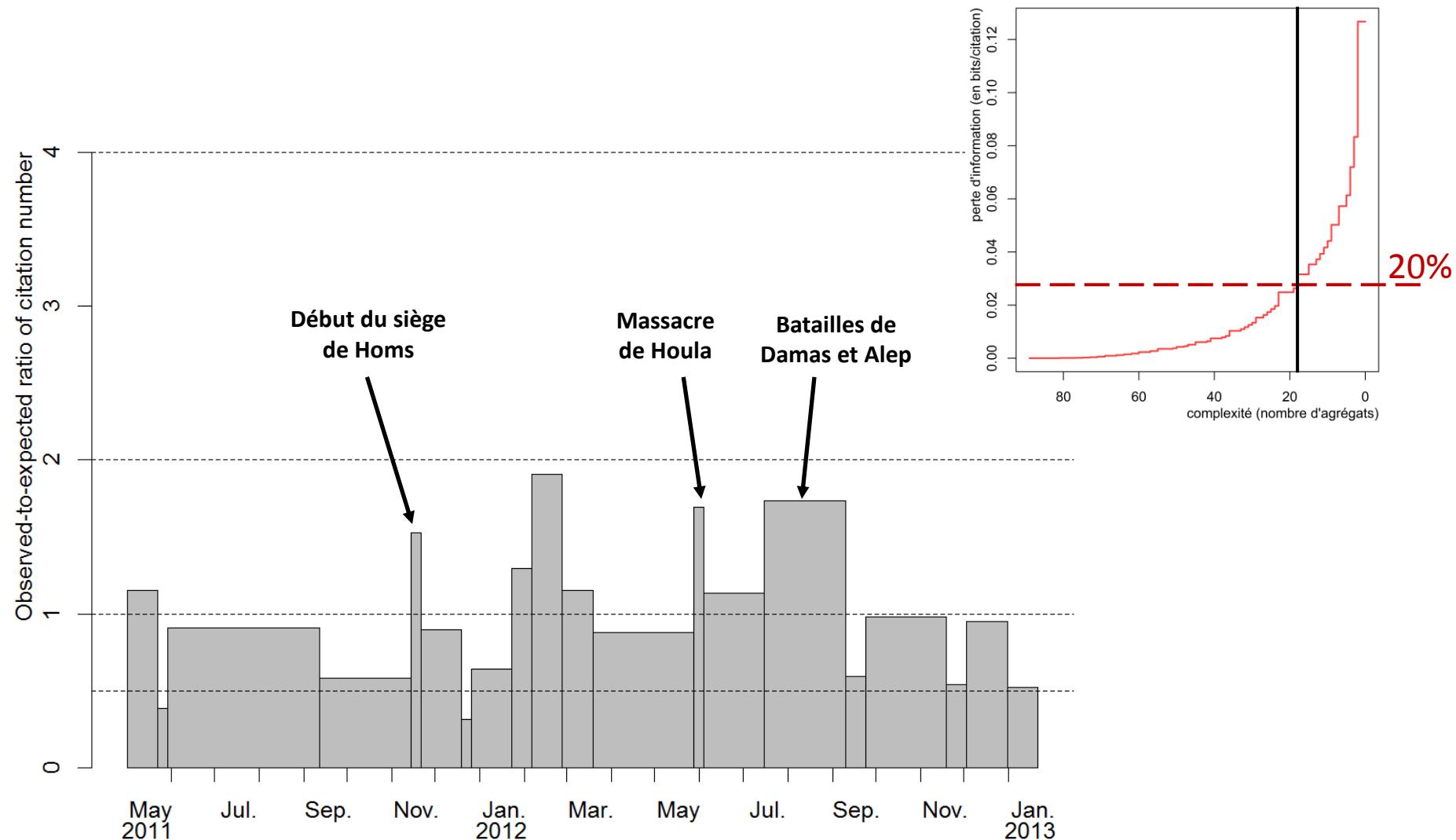
La Syrie vue par LE MONDE

[Giraud, Grasland, Lamarche-Perrin *et al.*, ECTQG 2013]



La Syrie vue par LE MONDE

[Giraud, Grasland, Lamarche-Perrin *et al.*, ECTQG 2013]

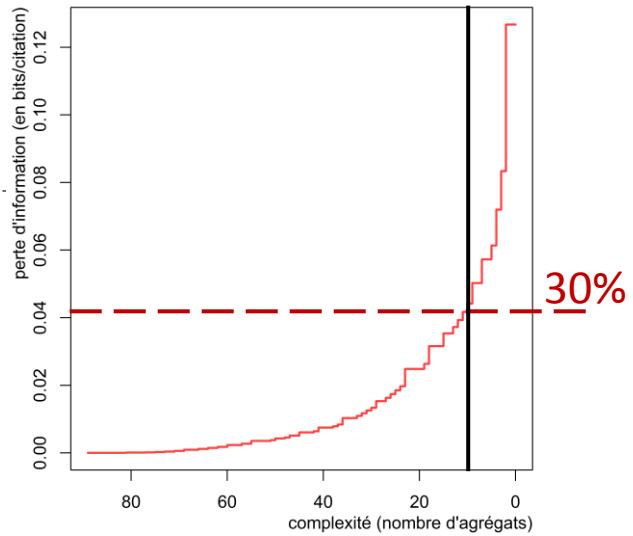
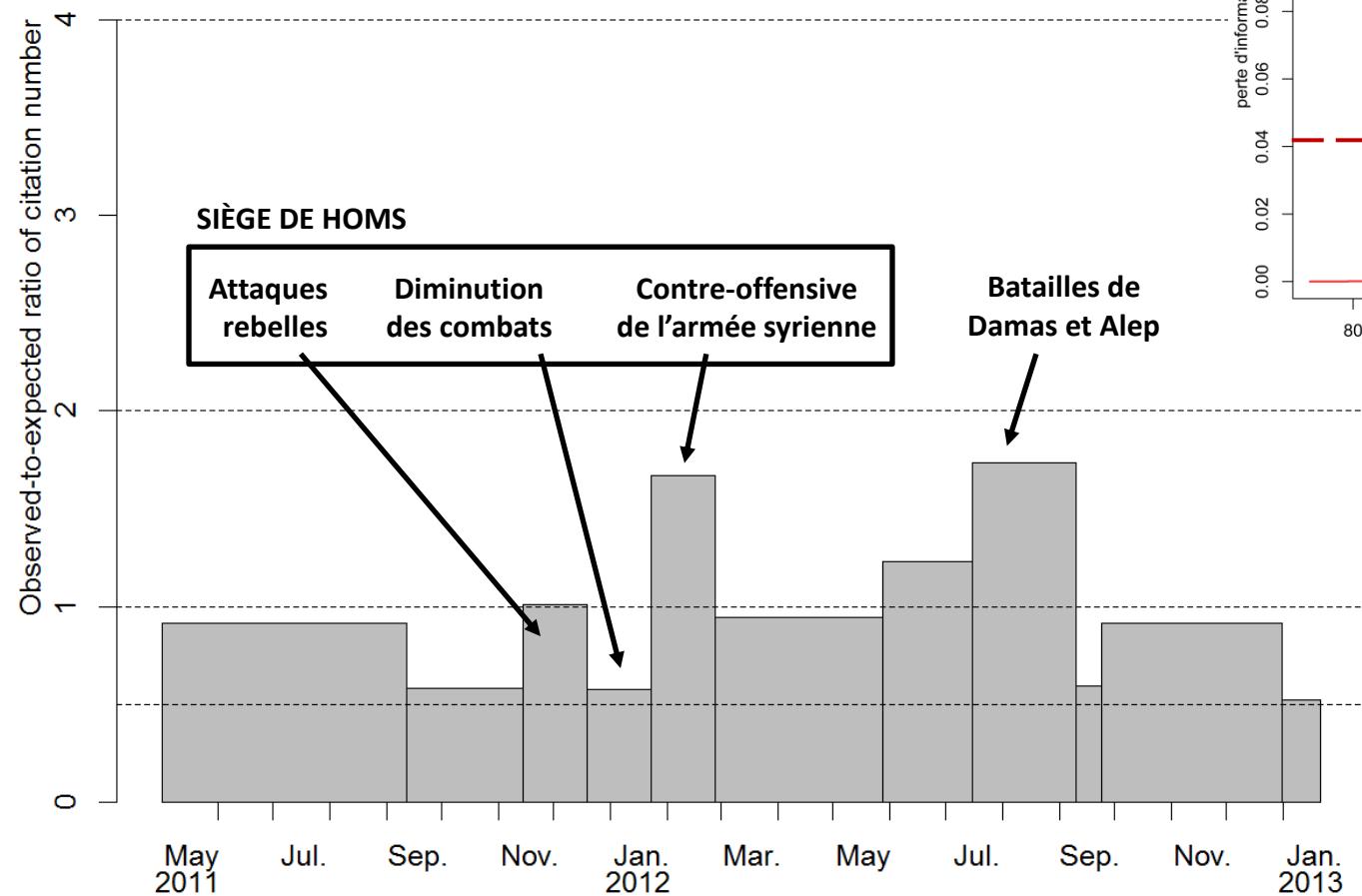


La Syrie vue par LE MONDE

[Giraud, Grasland, Lamarche-Perrin *et al.*, ECTQG 2013]

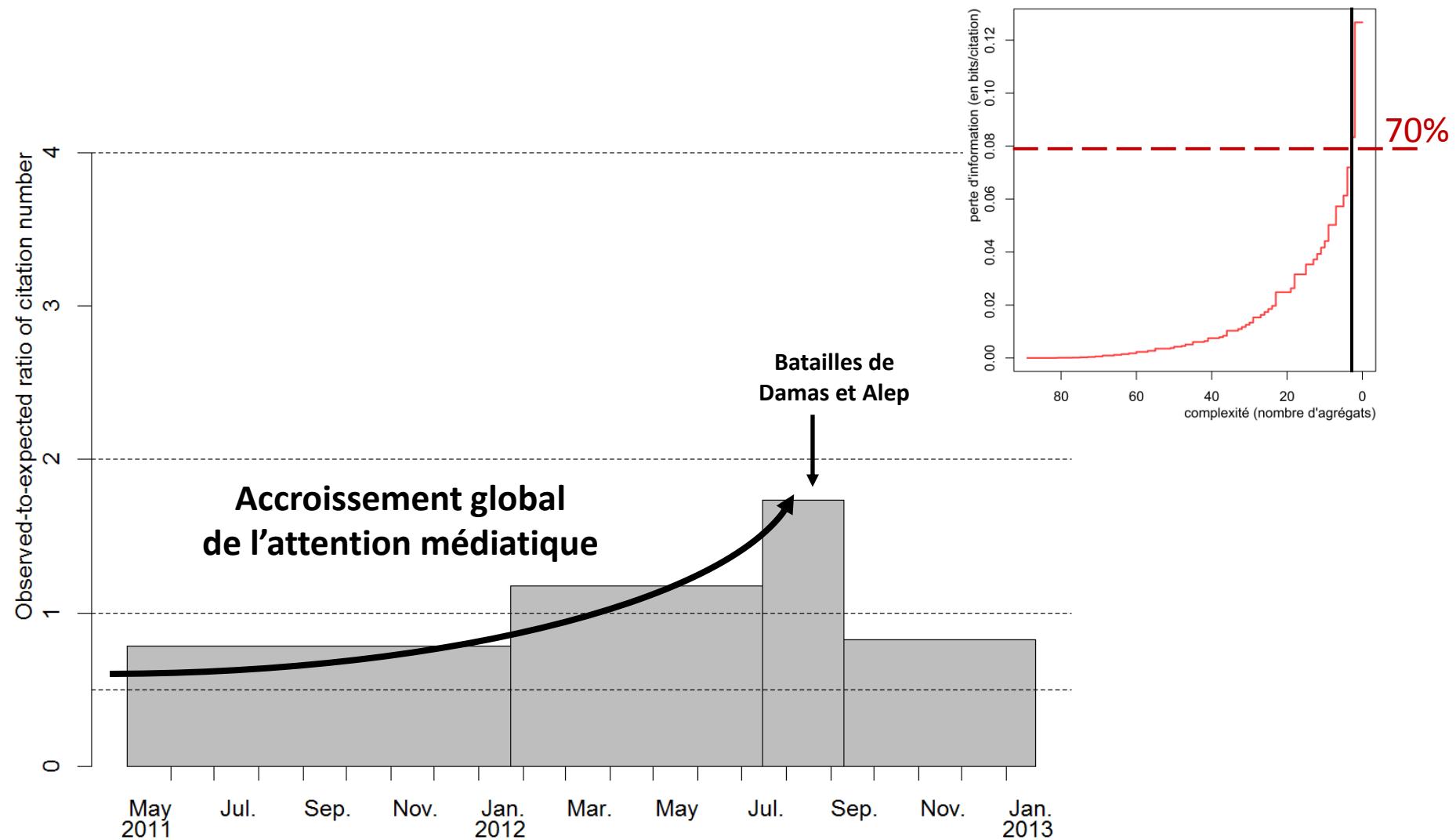
Source : Wikipedia

Timeline of the Syrian civil war
Siege of Homs



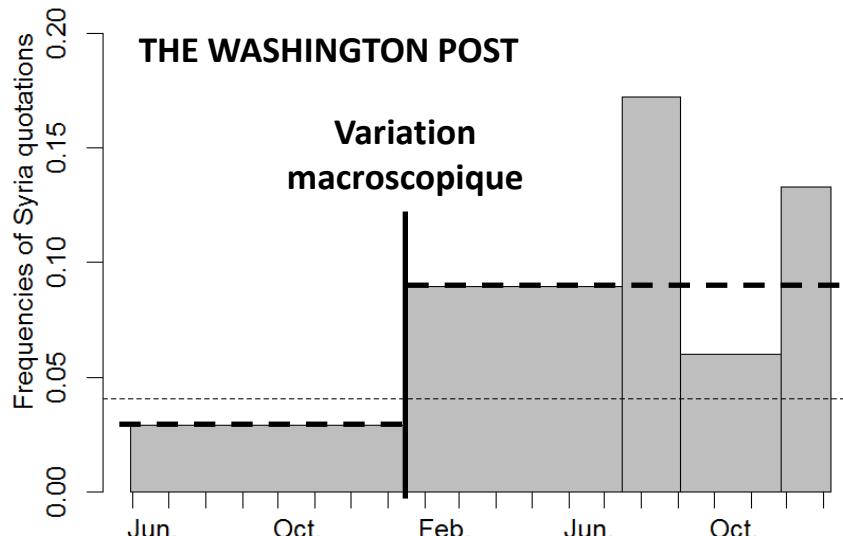
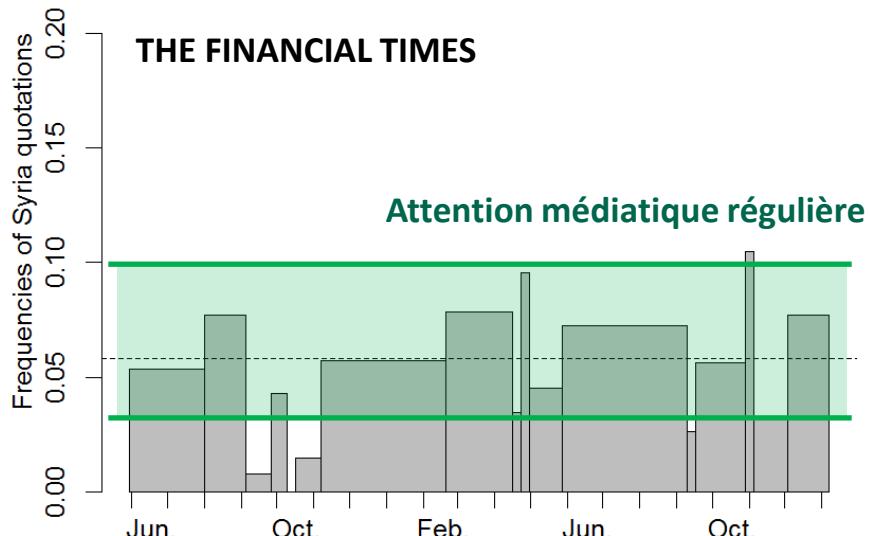
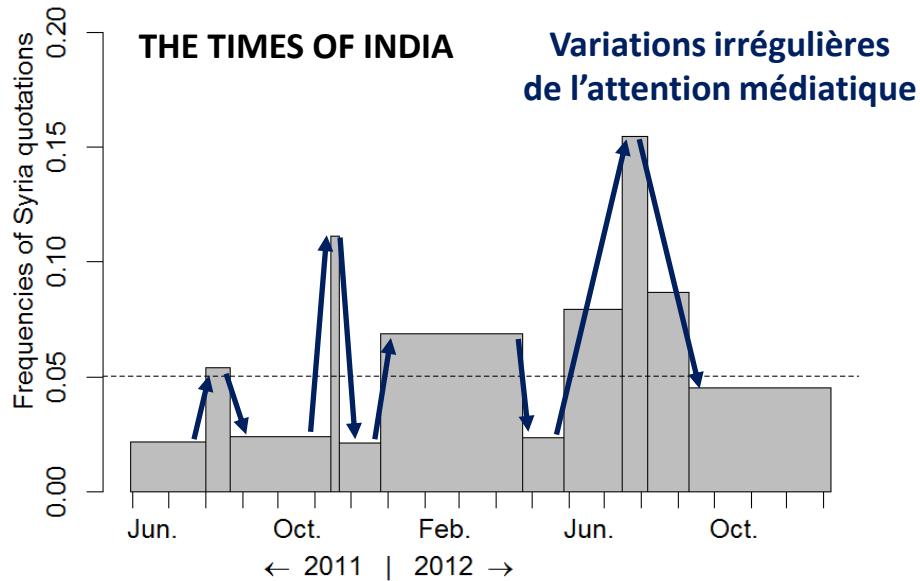
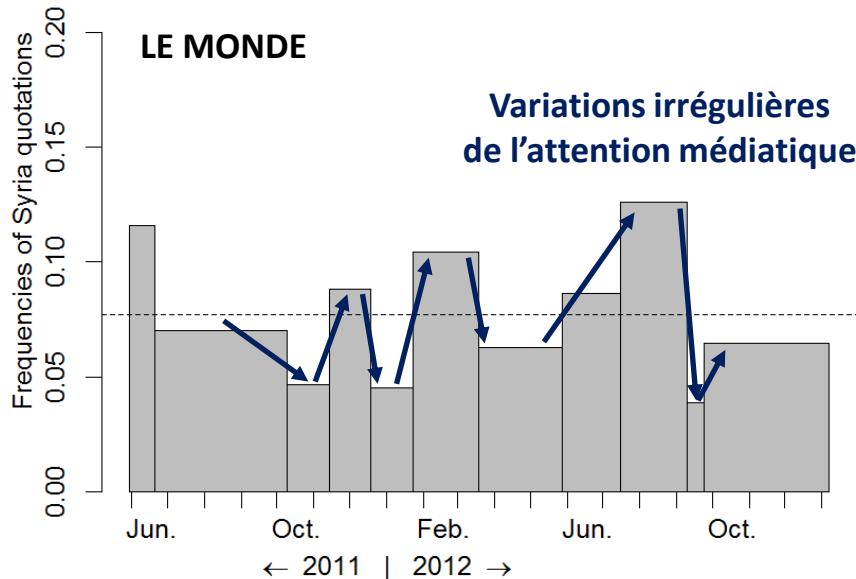
La Syrie vue par LE MONDE

[Giraud, Grasland, Lamarche-Perrin *et al.*, ECTQG 2013]

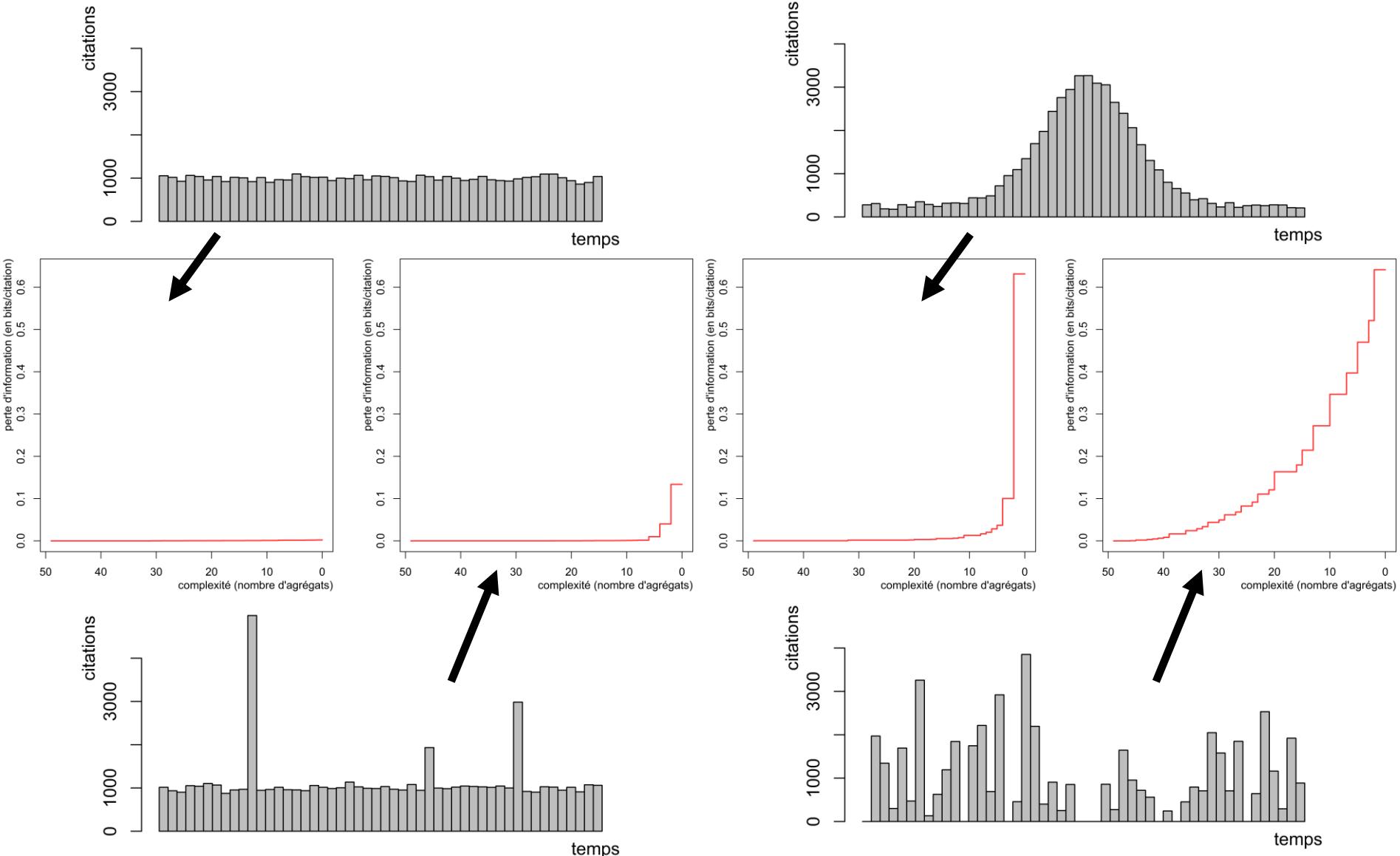


La Syrie vue par 4 journaux

[Giraud, Grasland, Lamarche-Perrin *et al.*, ECTQG 2013]



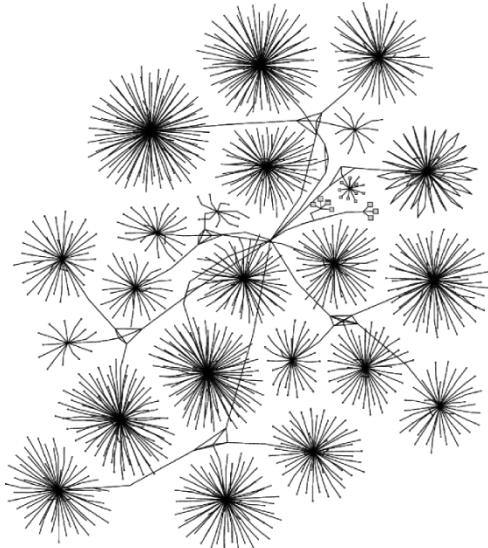
Caractériser un jeu de données



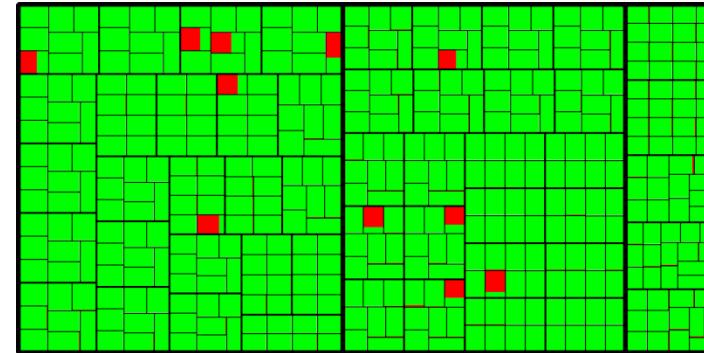
Agrégation de traces d'exécution

[Lamarche-Perrin, Schnorr *et al.*, TSI 2013]

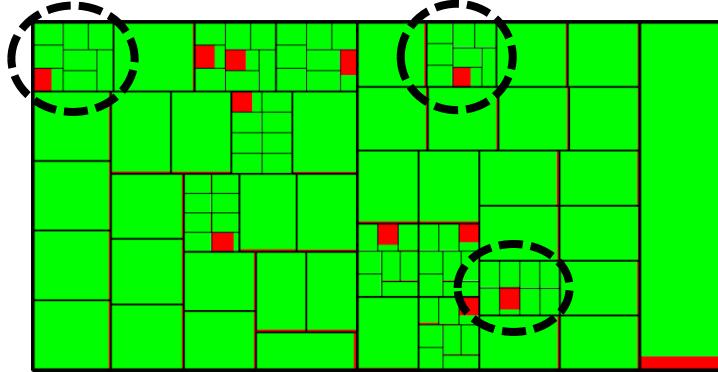
Structure hiérarchique
de la grille de calcul
[Schnorr *et al.*, 2013]



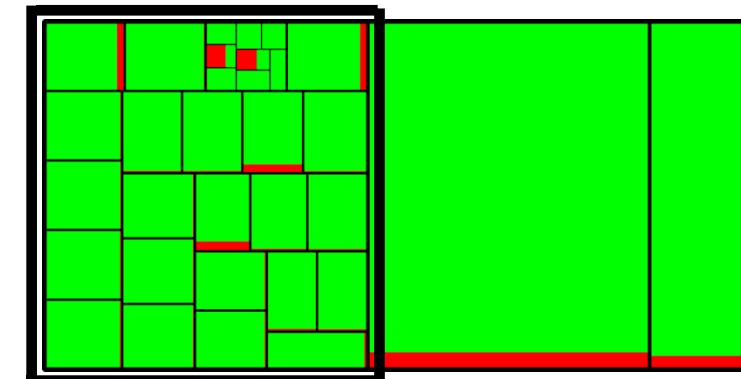
Représentation treemap
microscopique



Détection
d'anomalies
multi-échelle

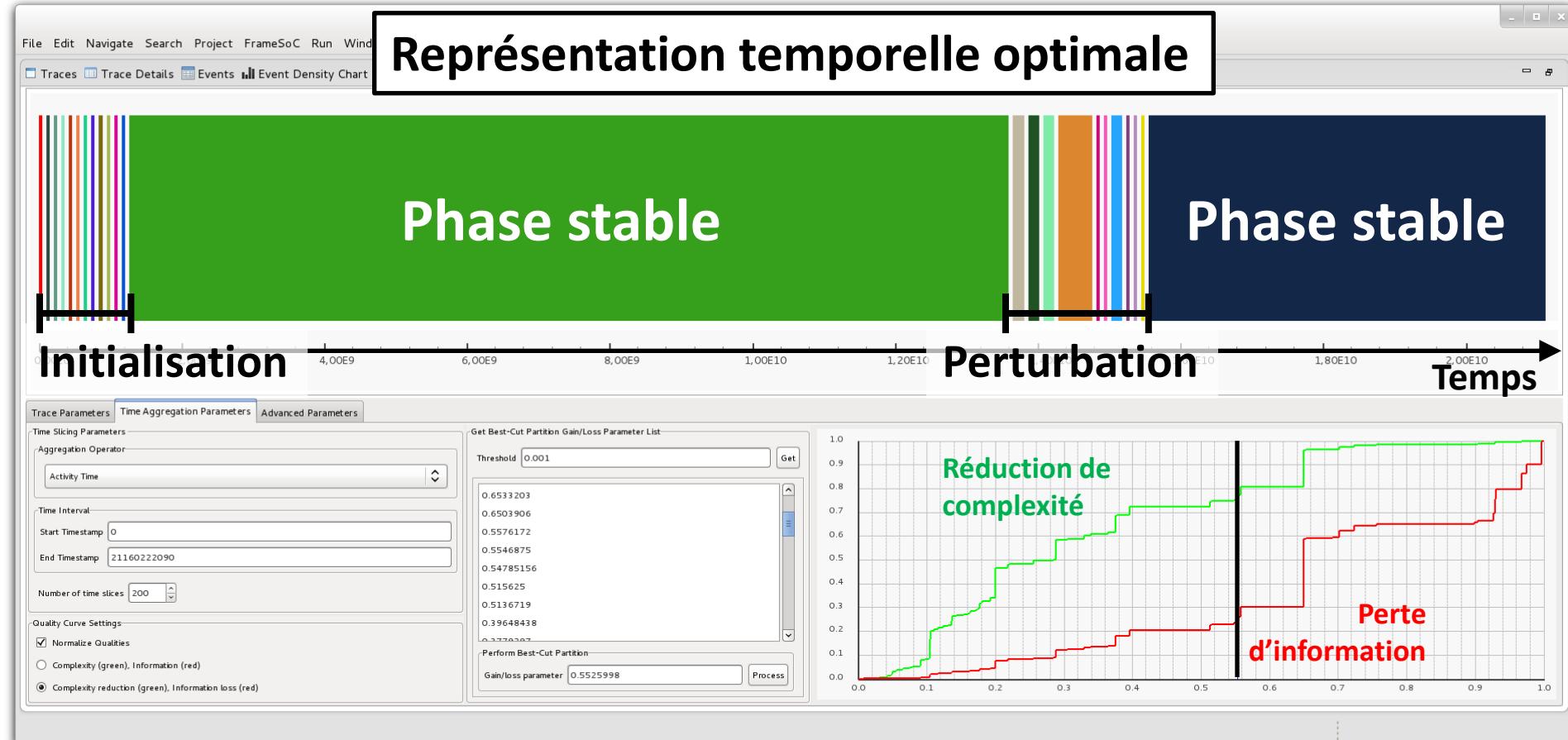


Représentations treemap agrégées



Agrégation de traces d'exécution

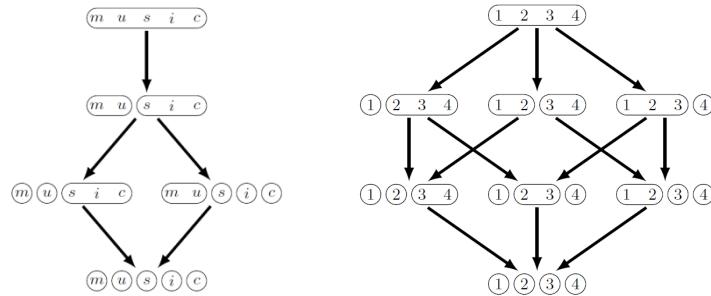
[Pagano, Dosimont et al., 2013]



BILAN ET PERSPECTIVES

Bilan des contributions

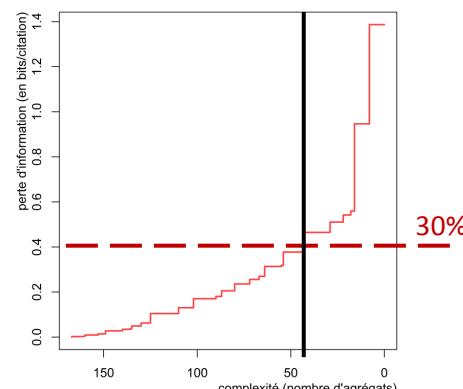
P1 Des structures algébriques exprimant la **sémantique du système**



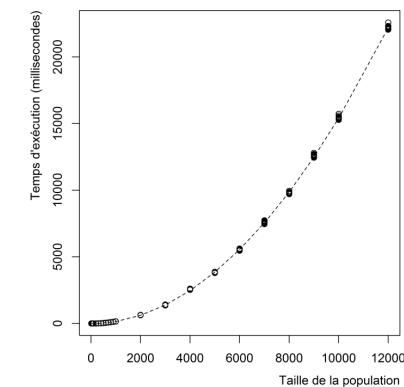
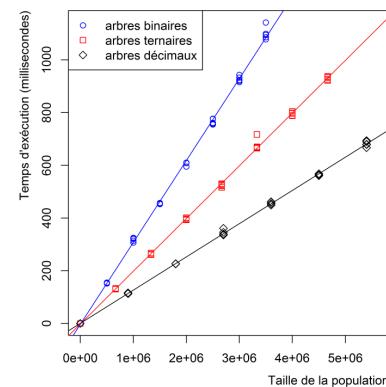
P2 Un compromis de qualité pour engendrer des **représentations multi-résolution**

$$CQL_\alpha = \alpha \frac{\Delta T}{\Delta T_{\max}} - (1 - \alpha) \frac{D}{D_{\max}}$$

P2 Des graphes de qualité pour **choisir la granularité** des représentations



P3 Un algorithme d'agrégation générique de **complexité polynomiale**



Bilan des hypothèses

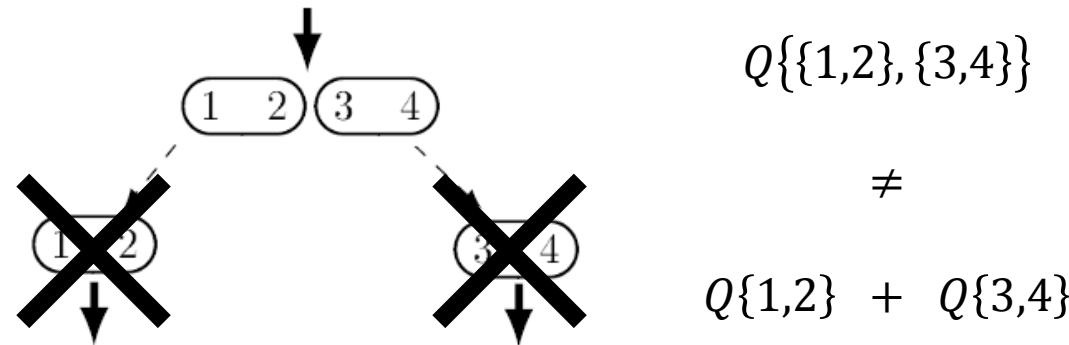
Instrument d'observation microscopique

P0 Agrégation selon des **partitions**

P1 Structures **hiérarchiques** ou **ordonnées**

P2 Mesures de qualité **décomposables**

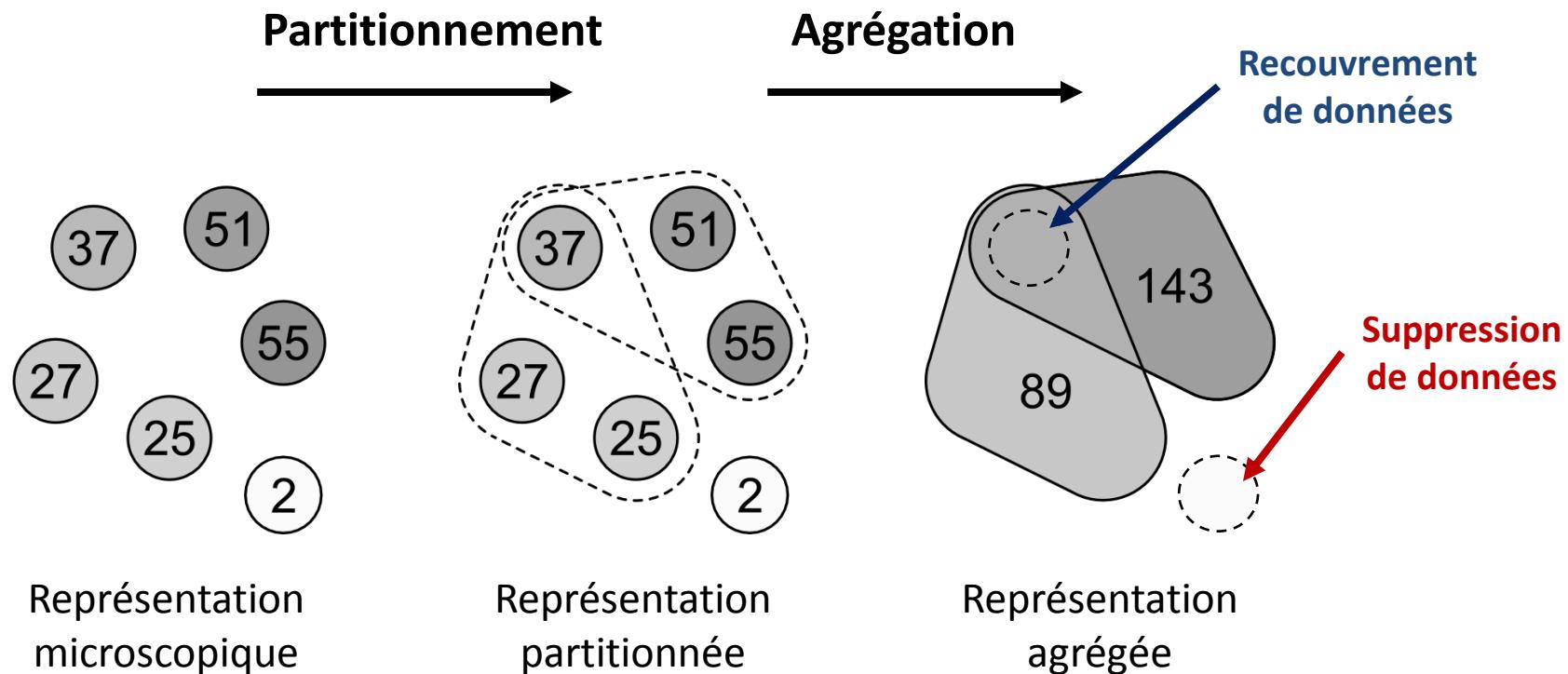
Mesures non-décomposables



- Approche récursive impossible
- Qualité d'une partie non-définie

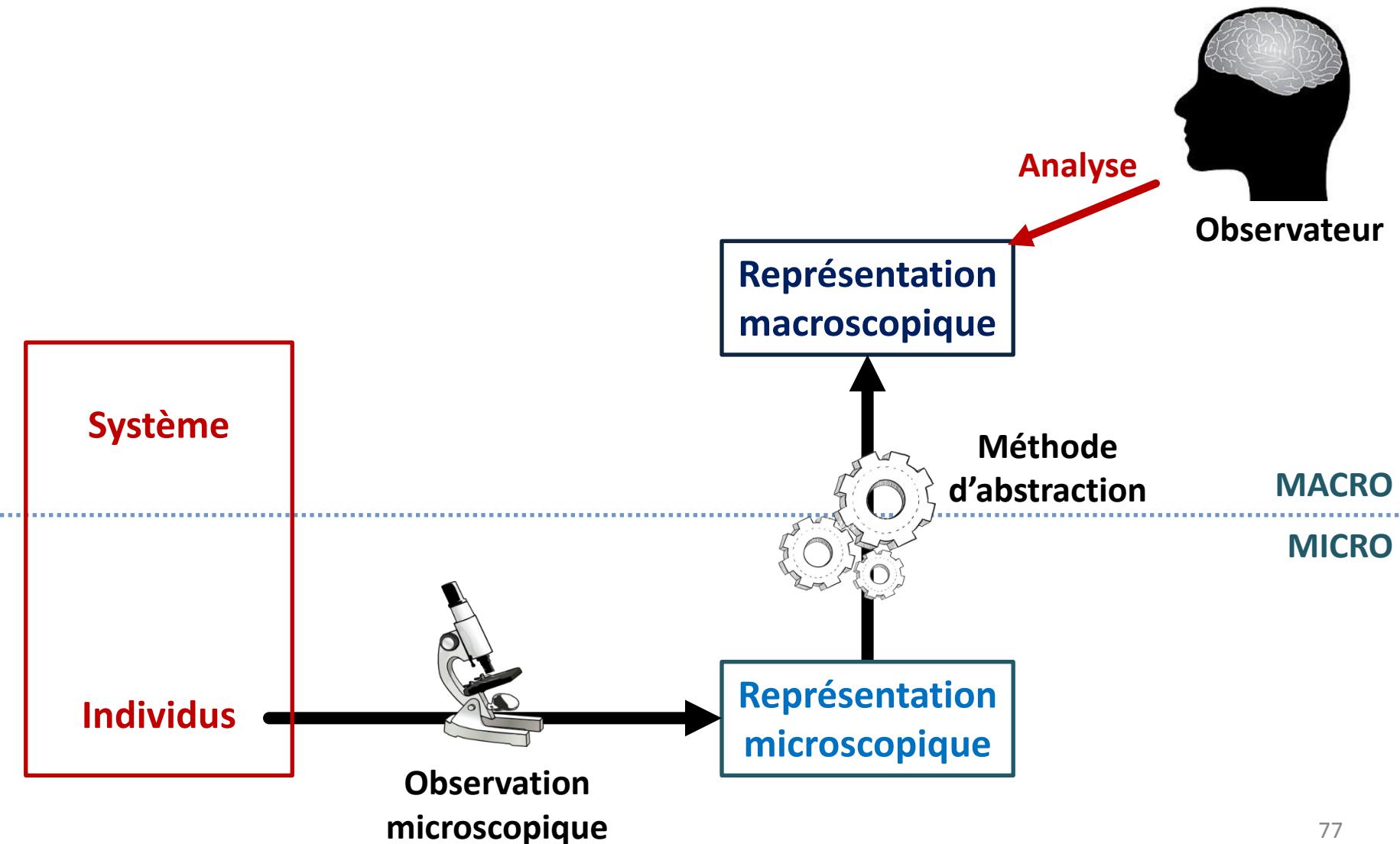
→ Est-ce que les mesures non-décomposables ont un sens pour l'évaluation des partitions ?

Parties non-disjointes et non-recouvrantes

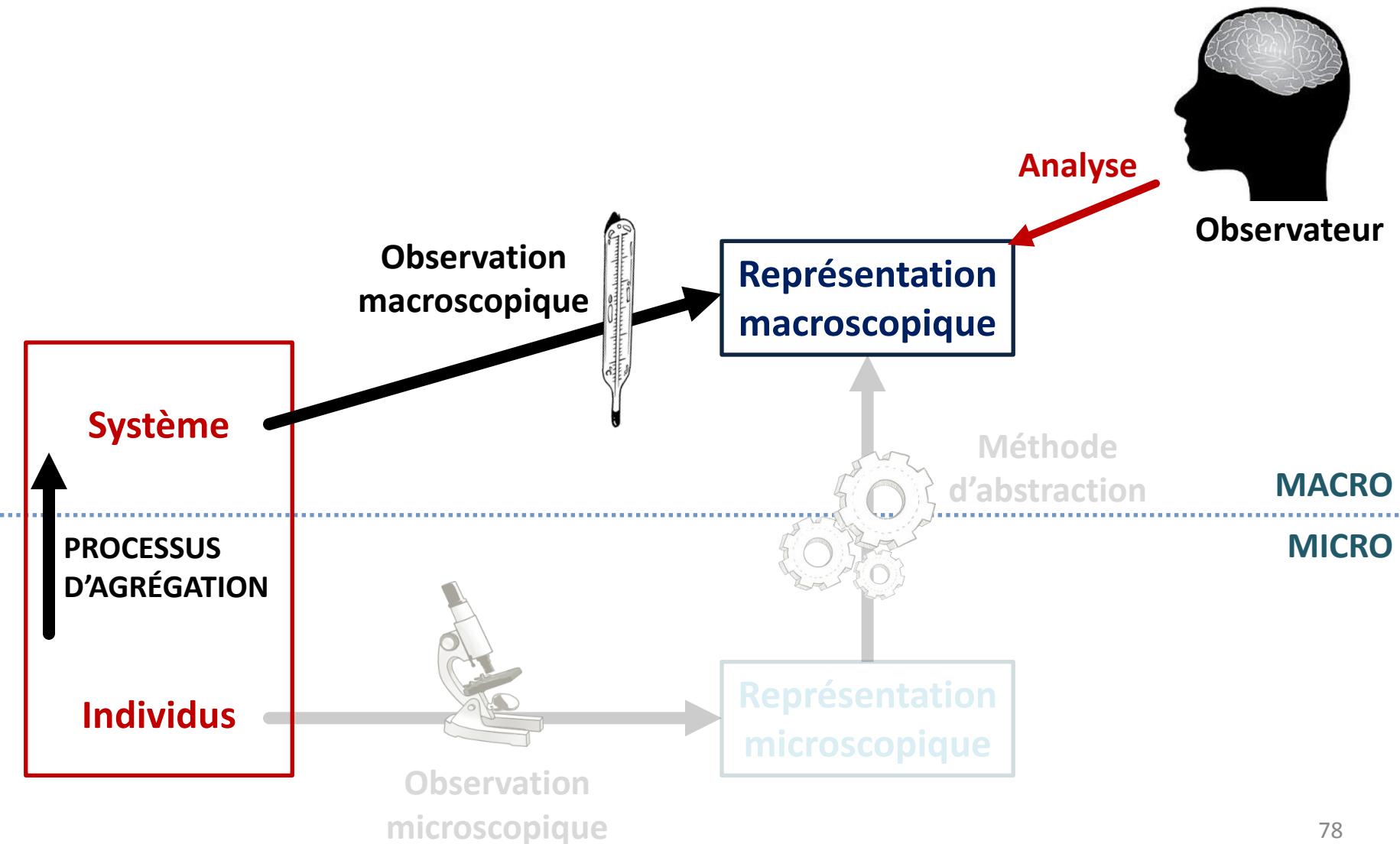


→ Impacts en termes de complexité algorithmique ?

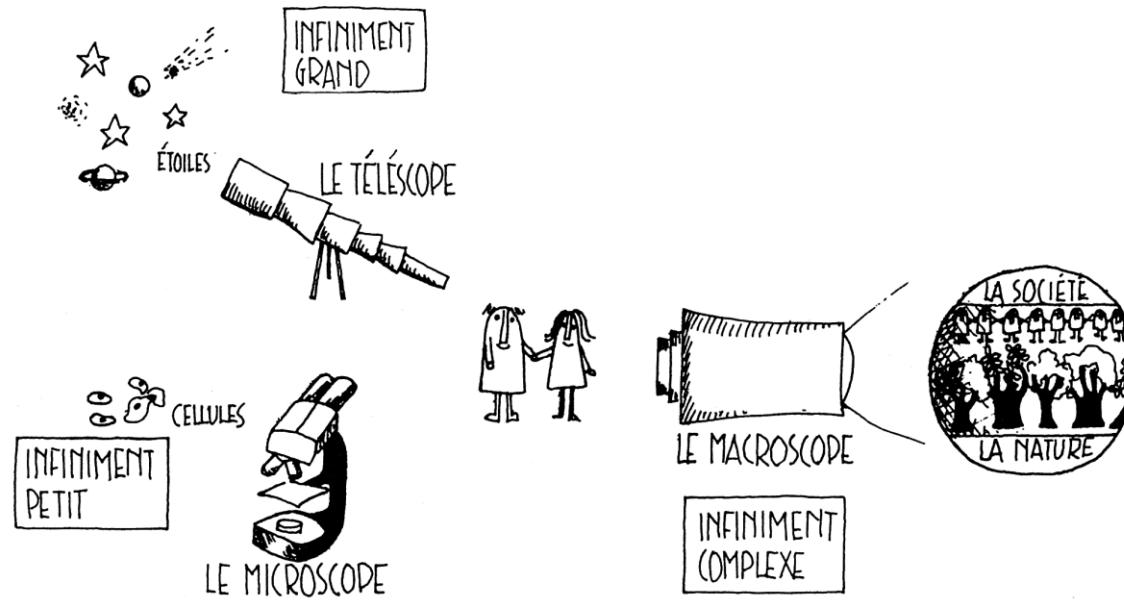
Observation macroscopique



Observation macroscopique



MERCI POUR VOTRE ATTENTION



« Aujourd’hui nous sommes confrontés à un autre infini : l’infiniment complexe. Mais cette fois, plus d’instrument. »

Joël de Rosnay, *Le macroscope*, 1975

LISTE DE PUBLICATIONS

Articles de journaux (en cours d'acceptation)

Lamarche-Perrin, Demazeau et Vincent. **Building the Best Macroscopic Representations of Complex Multi-Agent Systems.** *Transaction on Computational Collective Intelligence (TCCI)*, 2014.

Lamarche-Perrin, Schnorr, Vincent et Demazeau. **Agrégation de traces pour la visualisation de grands systèmes distribués.** *Technique et Science Informatiques (TSI)*, 2014.

Actes de conférences internationales

Lamarche-Perrin, Demazeau et Vincent. **The Best-partitions Problem: How to Build Meaningful Aggregations.** *Intelligent Agent Technology (IAT)*, Atlanta, 2013.

Giraud, Grasland, Lamarche-Perrin, Demazeau et Vincent. **Identification of International Media Events by Spatial and Temporal Aggregation of RSS Flows of Newspapers.** *European Colloquium in Theoretical and Quantitative Geography (ECTQG)*, Dourdan, 2013.

Lamarche-Perrin, Demazeau and Vincent. **How to Build the Best Macroscopic Description of your Multi-agent System? Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems (PAAMS)**, Salamanca, 2013.

Actes de conférences nationales

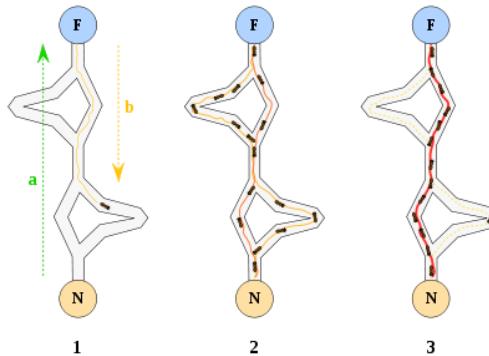
Lamarche-Perrin, Demazeau et Vincent. **Organisation, agrégation et visualisation d'informations médiatiques.** *Colloque annuel du Collège des Sciences du Territoire*, Paris, 2011.

Lamarche-Perrin, Demazeau et Vincent. **Observation macroscopique et émergence dans les SMA de très grande taille.** *Journées Francophones des Systèmes Multi-Agents (JFSMA)*, Valenciennes, 2011.

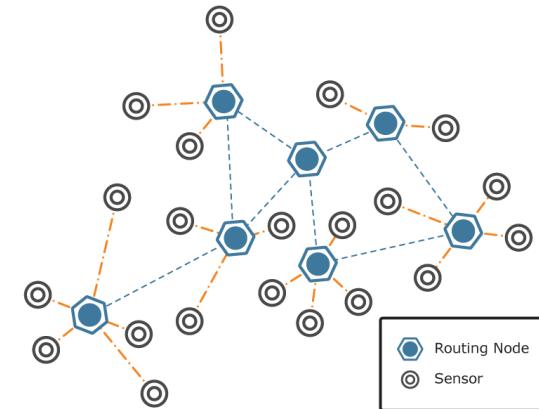
Perspectives applicatives

Systèmes Multi-agents

[Lamarche-Perrin *et al.*, JFSMA 2011]

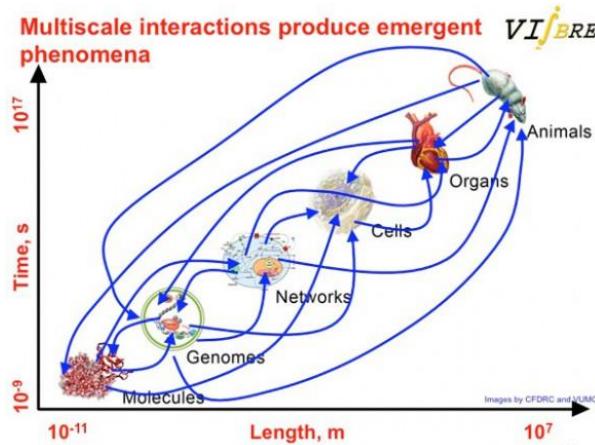


Réseau de capteurs



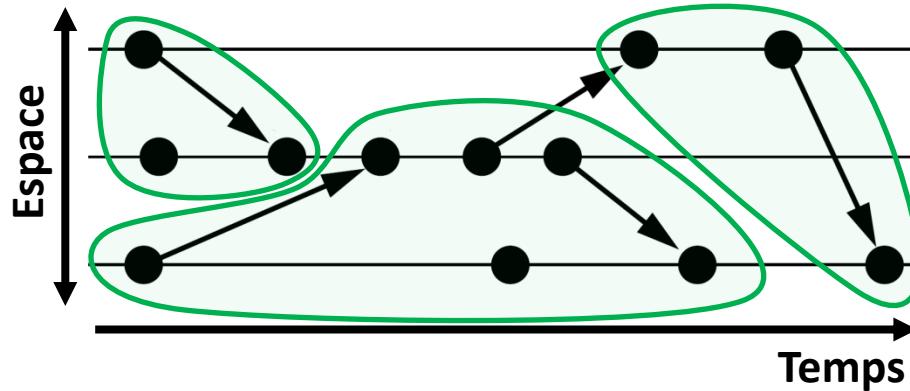
Simulation multi-échelle

[Gil-Quijano *et al.*, 2012]



D'autres structures topologiques

Agrégation d'évènements [Mattern, 1989]

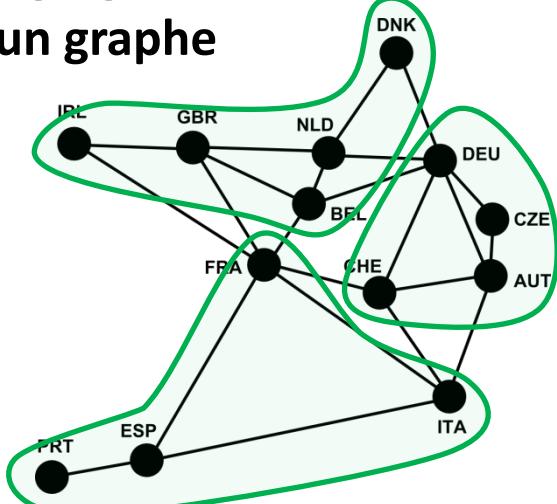


Agrégation selon une matrice d'interactions

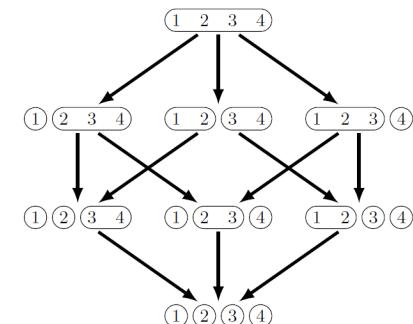
	ESP	FRA	GBR	BEL	CHE
ESP	X	12	11	10	4
FRA	14	X	12	12	5
GBR	20	11	X	6	9
BEL	15	9	6	X	5
CHE	10	16	17	9	X

[Lamarche-Perrin *et al.*, CIST 2011]

Agrégations selon un graphe



Algèbres correspondantes



Complexité de l'algorithme

Étudier la classe de complexité associée à d'autres dimensions, d'autres topologies, *etc.*

Ensemble	Parties admissibles	Partitions admissibles	Complexité temporelle	Complexité spatiale
Non-constraint	$\Theta(2^n)$	$\Theta(e^{n \log n})$	$\Theta(3^n)$	$\Theta(2^n)$
Ordonné	$\Theta(n^2)$	$\Theta(2^n)$	$\Theta(n^2)$	$\Theta(n^2)$
Hiérarchique	$O(n)$	$O(c^n)$	$O(n)$	$O(n)$
Autres topologies	?	?	?	?

Agrégation multidimensionnelle

$\{a, b, c, d, e\}$				
$\{a, b\}$	$\{c, d, e\}$			
$\{a\}$	$\{b\}$	$\{c\}$	$\{d\}$	$\{e\}$

$(a, 1)$	$(b, 1)$	$(c, 1)$	$(d, 1)$	$(e, 1)$
$(a, 2)$	$(b, 2)$	$(c, 2)$	$(d, 2)$	$(e, 2)$
$(a, 3)$	$(b, 3)$	$(c, 3)$	$(d, 3)$	$(e, 3)$
$(a, 4)$	$(b, 4)$	$(c, 4)$	$(d, 4)$	$(e, 4)$

$\{\underline{1}\}$
$\{\underline{2}\}$
$\{\underline{3}\}$
$\{\underline{4}\}$

$\{a, b, c, d, e\}$		
$\{a, b\}$		
$\{a\}$	$\{b\}$	$\{c, d, e\}$

$(a, 1)$	$(b, 1)$	$(\{c, d, e\}, \{1\})$
$(\{a\}, \{2, 3, 4\})$	$(\{b\}, \{2, 3, 4\})$	$(\{c, d, e\}, \{2, 3, 4\})$

$\{\underline{1}\}$
$\{2, 3, 4\}$

(a) Représentation microscopique

(b) Représentation agrégée

Agrégation de structures causales

