

# AEx MURENE : Propriétés des graphes de factures B2B et détection de structures

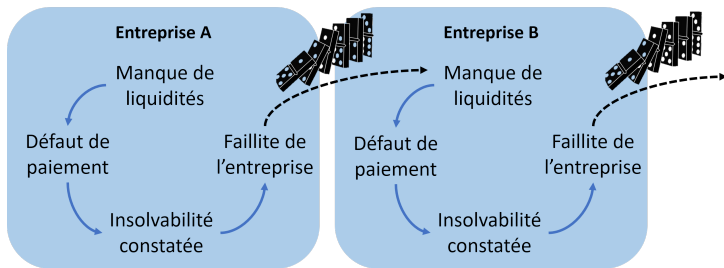
Sylvain Contassot-Vivier, Nazim Fatès, Joannès Guichon

Inria, Loria

23 novembre 2023



**Les délais de paiement** (2 mois) ont un effet financier considérable sur les entreprises, au minimum en augmentant leur exposition financière, au pire en induisant des faillites en chaîne.

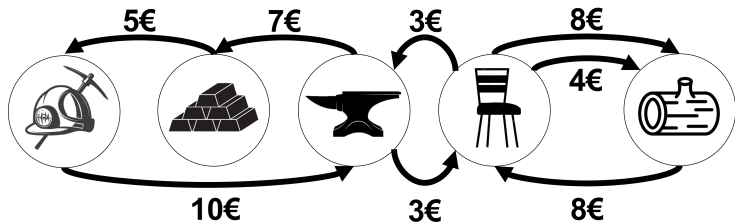


**Objectif** : réduire la pression économique sur les différents acteurs en utilisant la mutualisation de dettes :

- Mise en commun des dettes pour compensation

Analyse d'un vaste ensemble de données provenant d'**Infocert**, un facturateur électronique italien, contenant **27 millions** de factures entre entreprises anonymisées sur une année.

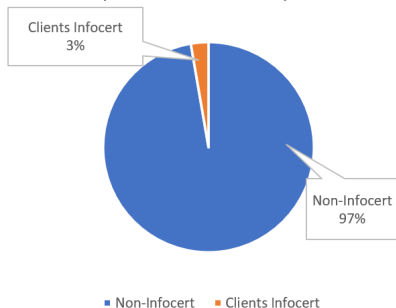
L'agrégation des factures forme des multi-graphes dirigés et pondérés **basés sur le temps**. Les entreprises sont les sommets et les factures sont les arêtes.



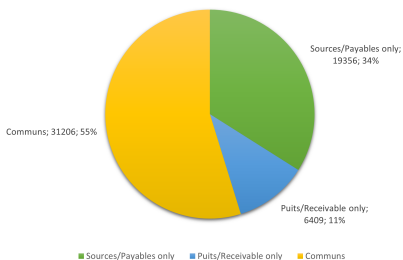
# Répartition des entreprises

En étudiant les données fournies on peut dresser la répartition suivante : 2057000 entreprises non infocert et 56971 entreprises clientes d'infocert

Répartition des entreprises



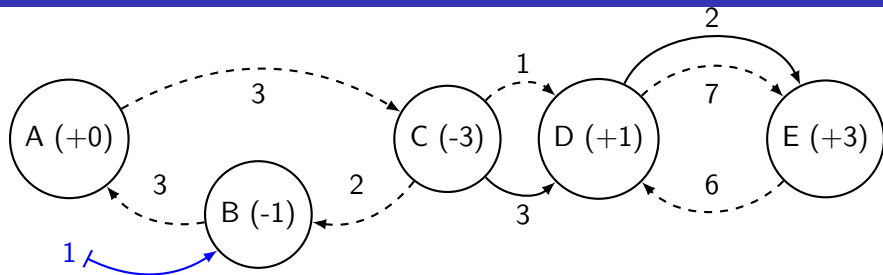
Répartition des Noeuds Infocert



Pour éviter les crises :

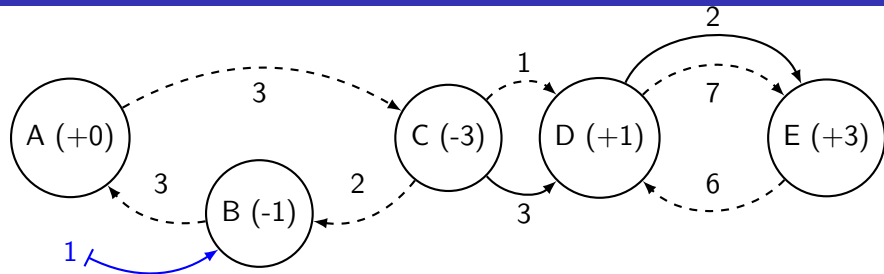
- réduire l'accumulation de dettes → simplifier les graphes
- **réduction partielle :**
  - règlement partiel de factures
  - basée sur les cycles et les sommes échangées, sans apport extérieur
- **réduction Intégrale :**
  - basée sur un apport extérieur et réduction complète des factures (problème NP-Complet)
  - dualité inclusion et amplification
  - temps trop long pour trouver l'optimum
  - stratégie de décomposition en sous-problèmes :
    - utilisation de la structure du graphe
    - étude pour identifier des critères de décomposition

# Exemple de réduction intégrale

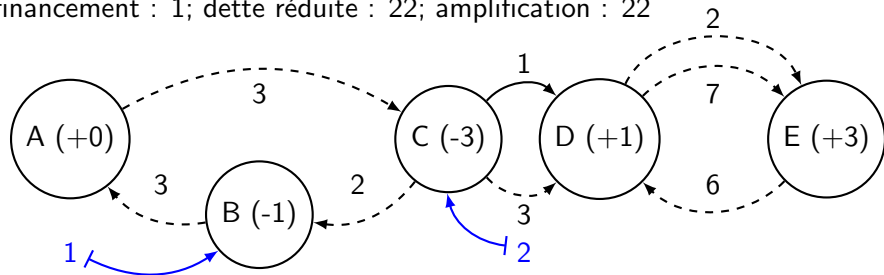


financement : 1; dette réduite : 22; amplification : 22

# Exemple de réduction intégrale



financement : 1; dette réduite : 22; amplification : 22



financement : 3; dette réduite : 26; amplification : 8.667

Pour appliquer la réduction totale à nos réseaux, plusieurs défis se posent :

- Comment arbitrer le compromis entre réduction maximale et amplification (ratio du financement) ?
- Quelle somme allouer pour financer les dettes ?
- Qui financer pour la réduction sans créer d'injustices et pour être efficace ?
- Comment quantifier le risque de ne pas être remboursé ?
- Faut-il aider les acteurs qui ont un grand flux monétaire ou les acteurs plus humbles ?
- Comment limiter la taille de nos graphes sans trop réduire nos possibilités de réduction de dette ?



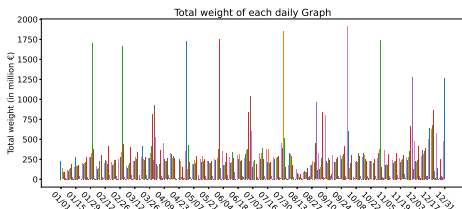
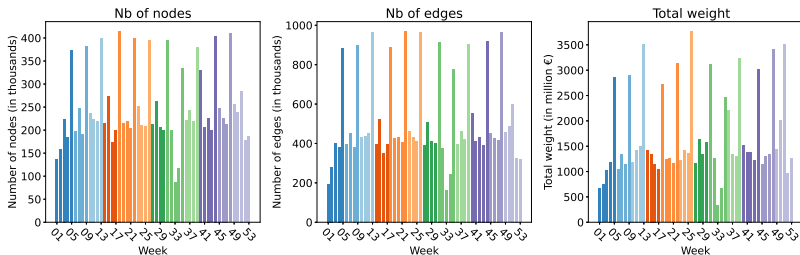
Nous voulons **réduire la pression économique** sur les sommets en **retirant des arcs**.

Cependant les factures sont **créées** et **payées** de manière **dynamique**. Il faut donc trouver une **période temporelle assez large** pour obtenir des **graphes suffisamment connectés** pour la réduction de dettes.

Ces découpages permettent aussi de mieux comprendre la répartition de nos données.

→ **découpage temporel** : journalier, hebdomadaire, mensuel

# Découpages hebdomadaire et journaliers

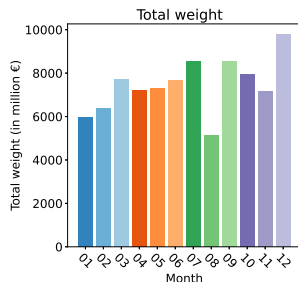
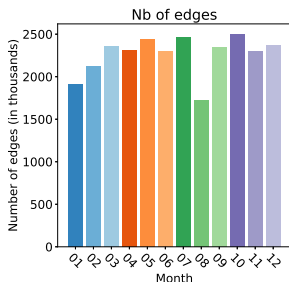
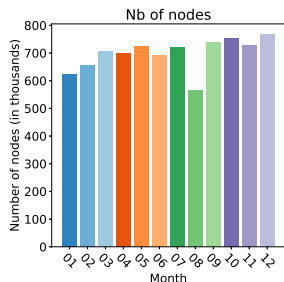


## → Informations :

Factures concentrées sur la fin de mois

→ Possibilité de découper le mois en deux en mettant la dernière semaine seule

# Découpage mensuel

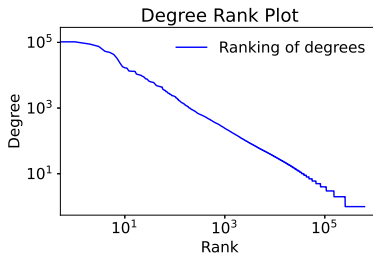
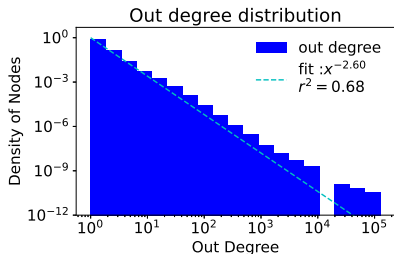
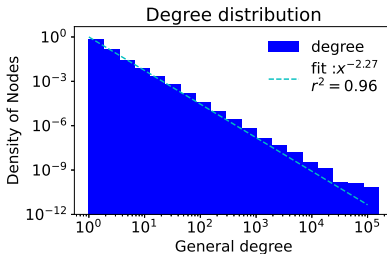
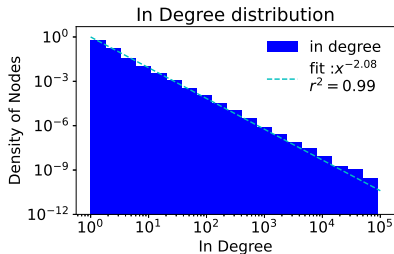


→ **Informations** : Activité plus faible en **janvier** (début d'année + planification) et en **août** (vacances)

Environ 90 milliards d'euros échangés sur l'année sur 27 millions de factures

# Exploration détaillée des mois

Étude des distributions des degrés des entreprises mois à mois :

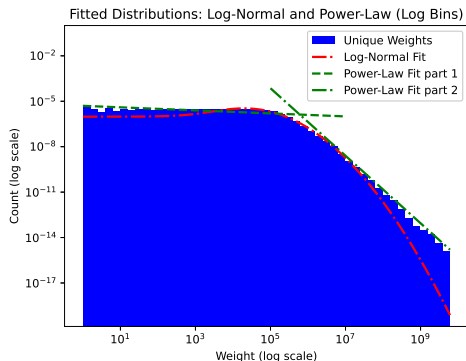




## Étude statistique mois à mois :

- degré moyen sur l'année : 3.23, peu de variations mois à mois
- coefficient de clustering :  $< 0.02$ 
  - nombreux sommets peu reliés
- diamètre et longueur moyenne de chemin constants
- présence d'une **composante fortement connexe géante** chaque mois d'environ 35% des arêtes et 8% des sommets
  - intérêt pour la réduction intégrale de dettes

Étude des distributions de valeurs de factures mois à mois :  
Comparaison avec des lois de puissance et log-normales



Log-normale → Souvent utilisée en économie pour représenter la distribution :

- des revenus
- de la richesse
- des valeurs d'actions

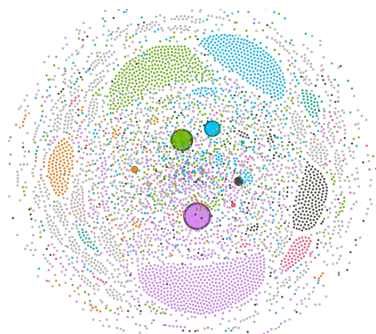
Besoin de creuser encore cet aspect pour créer un modèle de données

Extraction de communautés sur les graphes mensuels

## Utilisation de la modularité :

→ Création de quelques grands groupes de nœuds (+5% du graphe) et d'une myriade de couples.

→ Réductions sur les grands groupes puis extension sur le reste du graphe ?



Visualisation de communautés par modularité sur un mois de  
l'ensemble des TPE/PME

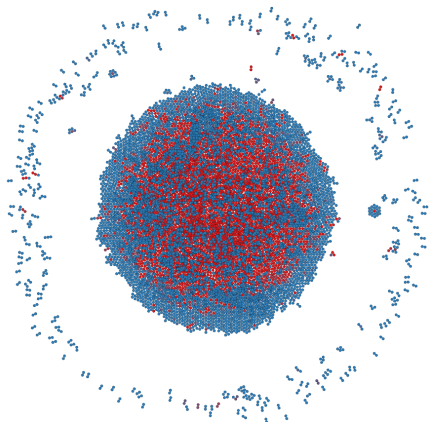


Extraction de communautés sur les graphes mensuels

## Division par méthode des $k$ -cœurs :

→ Extraction d'un groupe de nœuds liés par au moins  $k$  connections vers le reste du groupe.

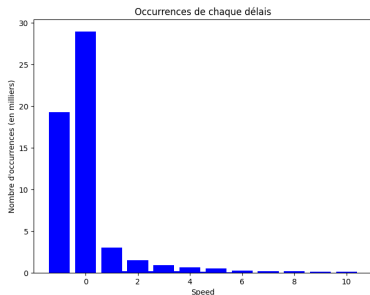
→ Base pour un algorithme de réduction ?



Visualisation d'un 4-core sur l'ensemble des TPE/PME

- Quelles informations complémentaires peuvent être obtenues en analysant la distribution des poids des factures ?
- Quelles caractéristiques définissent la composante géante fortement connexe observée dans le réseau ?
- Comment peut-elle être avantageusement utilisée dans les algorithmes de compensation de dettes ?
- Comment les communautés peuvent-elles être affinées davantage pour mieux répondre aux besoins ?

# Résultats préliminaires : Délais de retour à l'équilibre



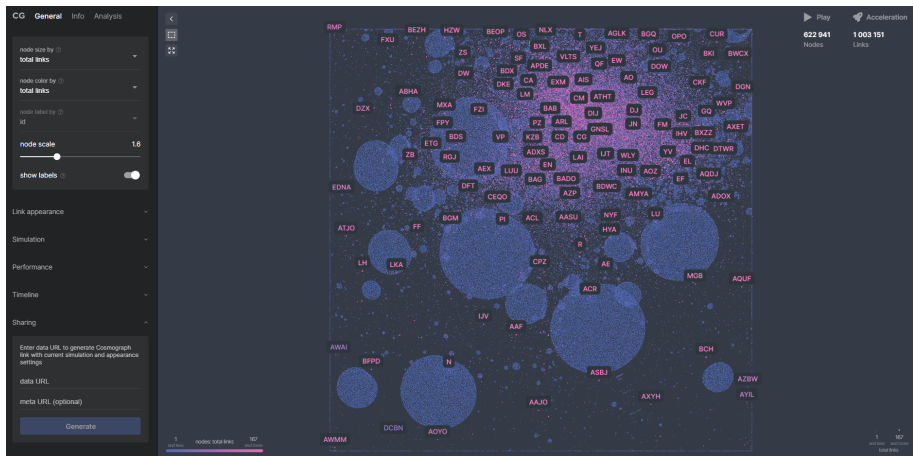
Répartition des délais de retour à l'équilibre pour les entreprises clientes d'infocert

## Délais de retour à l'équilibre:

Nombre de mois pour qu'une entreprise passe d'un total négatif à positif.

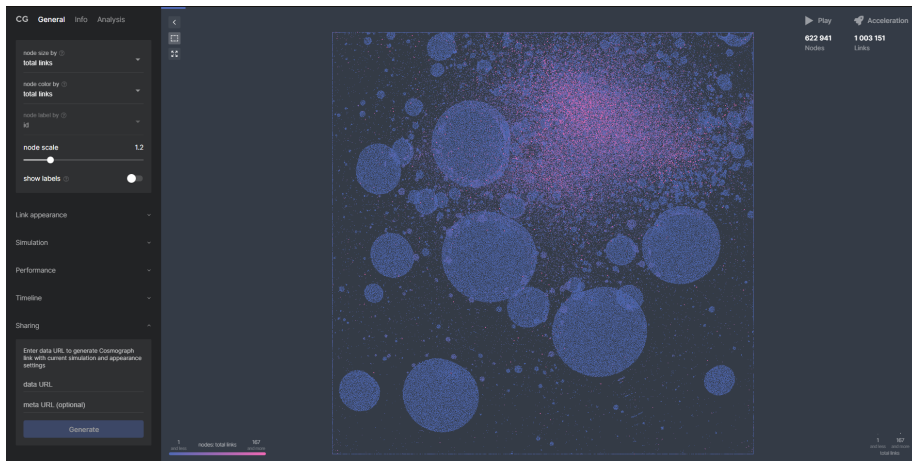
Les vitesses de 0 sont les entreprises toujours positives et celles à -1 sont toujours négatives.

# Visualisation of January with GPU augmented tools



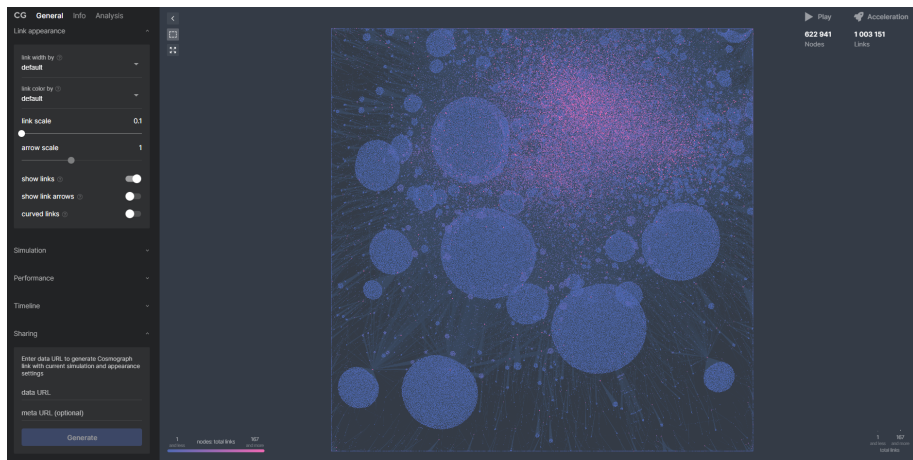
visualisation based on GPU augmented online tool named cosmograph (limitation for only taking graphs not multigraphs)

# Visualisation of January with GPU augmented tools



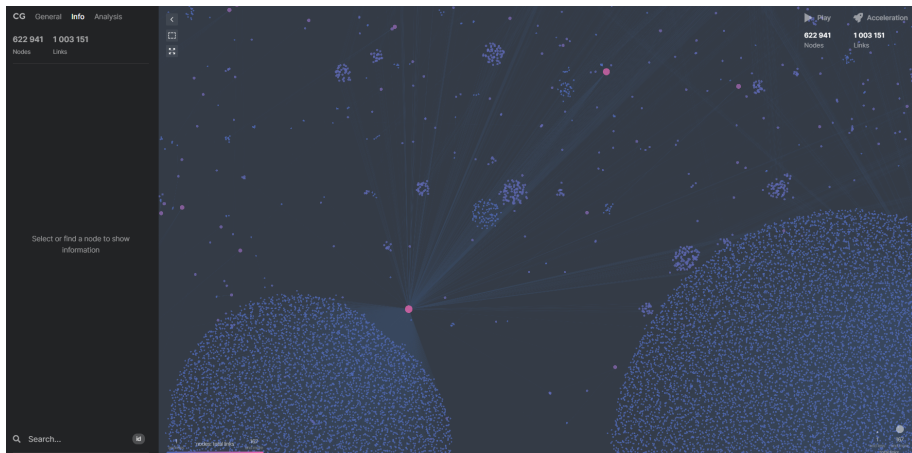
visualisation based on GPU augmented online tool named cosmograph  
(limitation for only taking graphs not multigraphs)

# Visualisation of January with GPU augmented tools



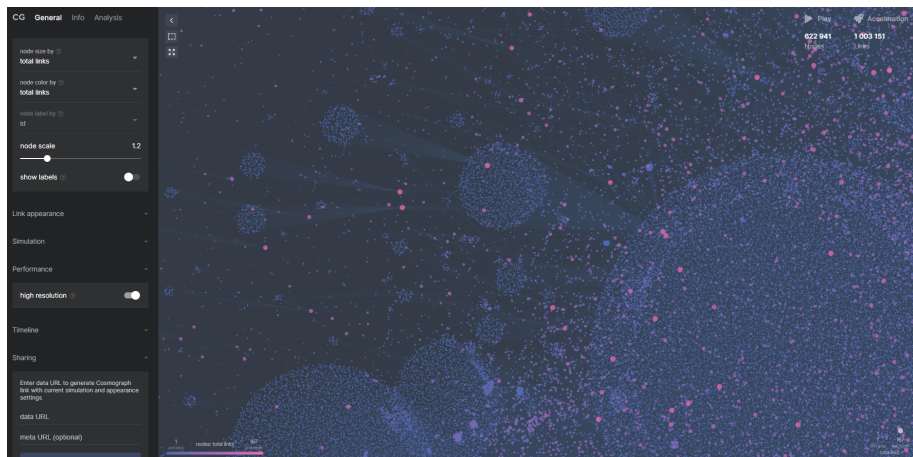
visualisation based on GPU augmented online tool named cosmograph  
(limitation for only taking graphs not multigraphs)

# Visualisation of January with GPU augmented tools



visualisation based on GPU augmented online tool named cosmograph  
(limitation for only taking graphs not multigraphs)

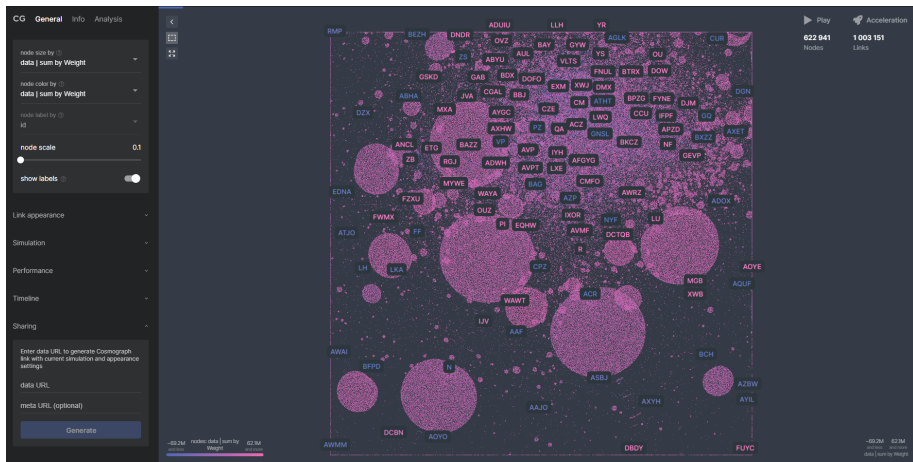
# Visualisation of January with GPU augmented tools



visualisation based on GPU augmented online tool named cosmograph (limitation for only taking graphs not multigraphs)



# Visualisation of January with GPU augmented tools



visualisation based on GPU augmented online tool named cosmograph (limitation for only taking graphs not multigraphs)