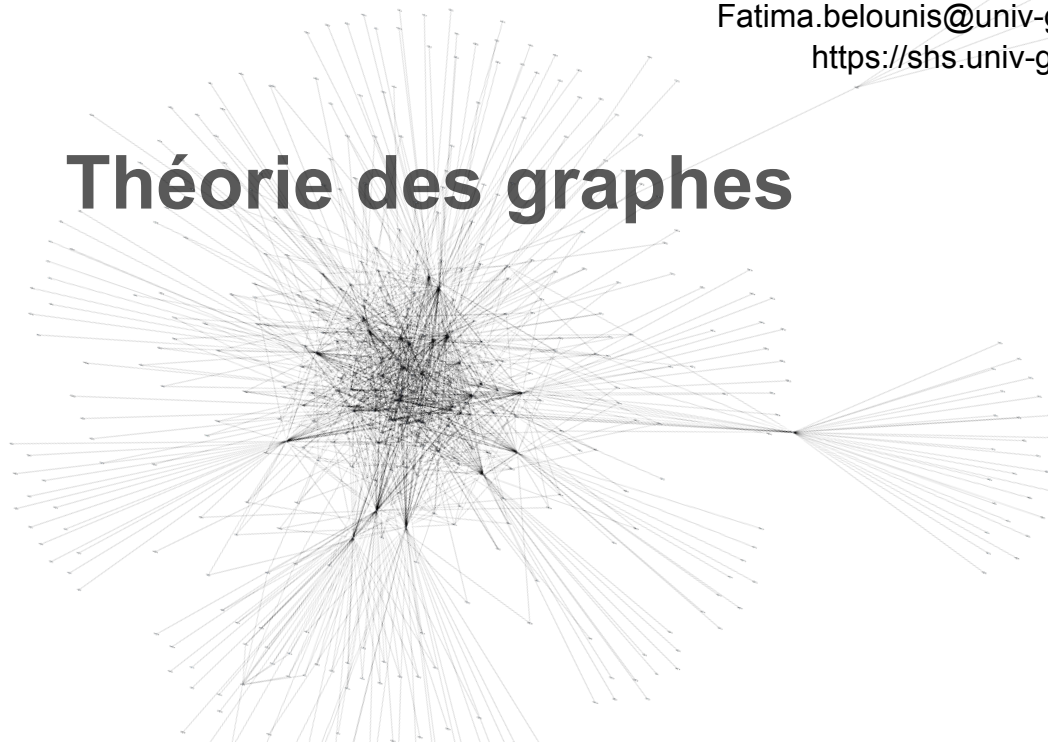
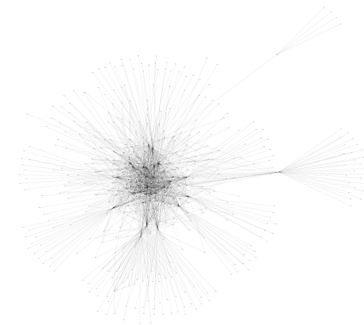


Théorie des graphes

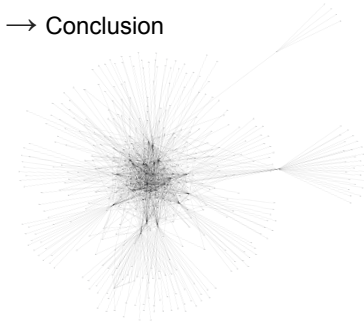




Sommaire

1. Données
2. Graphs Génératifs
3. Mesure des centralités
4. Partition et détection de communauté
5. Questionnement
 - 5.1. Noeuds clés, hub et centralité
 - 5.2. Organisation des communautés
 - 5.3. Modèle génératif
6. Conclusion

Théorie des graphes



Choix et traitement des données :

- Données

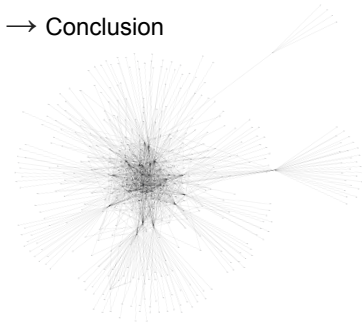
- Basé sur le jeu de données : <https://ec.europa.eu/eurostat/web/transport/data/database> (avia_par)
- Aéroports européens et leur lignes intérieures.
- Nombre de passagers à bord sur l'année 2019.

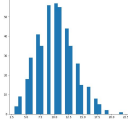
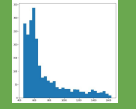
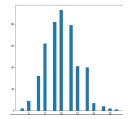
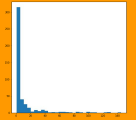
- Traitement

- Suppression des aéroports non EU et somme des lignes aller-retour pour avoir un graphe non-orienté.
- Pondération des liens par le nombre de passagers à bord.
- Intégration de tous les pays d'Europe en un seul graphe. (génération et intégration des csv).
- **Nombre de noeuds (aéroports) : 454 Nombre de liens (lignes internes) : 2320**

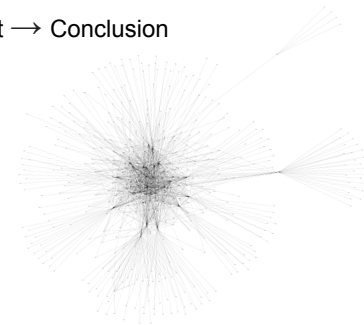
Théorie des graphes

Erdős Renyi, Watts Strogatz, Barabasi



| Graphe génératif \ propriétés | Petit monde | Densité faible | Clustering élevé | Hétérogénéité |
|-----------------------------------|---|--|---|---|
| Erdős Renyi ($p=1$) | <pre>[] nx.average_shortest_path_length(gERDO)</pre> <p>2.875436395639447</p> | <pre>[] nx.density(gERDO)</pre> <p>0.02256128988340092</p> | <pre>nx.average_clustering(gERDO)</pre> <p>0.021867636355982104</p> |  |
| Watts Strogatz ($k=11, p=>0.4$) | <pre>[] nx.average_shortest_path_length(gWATTS)</pre> <p>2.933249700965662</p> | <pre>[] nx.density(gWATTS)</pre> <p>0.02207505518763797</p> | <pre>nx.average_clustering(gWATTS)</pre> <p>0.0606680526867104</p> |  |
| Barabasi | <pre>[] nx.average_shortest_path_length(gBAR)</pre> <p>1.6850738278984698</p> | <pre>[] nx.density(gBAR)</pre> <p>0.31492617210153007</p> | <pre>nx.average_clustering(gBAR)</pre> <p>0.412921164796288</p> |  |
| Réseau d'aéroports européens | <pre>[] nx.average_shortest_path_length(g)</pre> <p>2.7209499081016424</p> | <pre>[] nx.density(g)</pre> <p>0.02256128988340092</p> | <pre>nx.average_clustering(g)</pre> <p>0.3842427922991571</p> |  |

Théorie des graphes



Mesures de centralité

Centralité des degrés :

['**NL_EHAM**', '**ES_LEBL**', '**FR_LFPG**', '**DK_EKCH**', 'ES_LEMD', 'BE_EBBR', 'IE_EIDW', 'IT_LIRF', ...]

Betweenness centrality :

['**DK_EKCH**', '**FR_LFPG**', '**NL_EHAM**', 'TR_LTAC', 'SE_ESSA', 'IT_LIRF', '**ES_LEBL**', 'FI_EFHK', ...]

Closeness centrality :

['**NL_EHAM**', '**ES_LEBL**', '**FR_LFPG**', '**DK_EKCH**', 'AT_LOWV', 'ES_LEMD', 'BE_EBBR', 'IE_EIDW', ...]

Eigen_Vector centrality :

['**NL_EHAM**', '**ES_LEBL**', '**FR_LFPG**', 'BE_EBBR', '**DK_EKCH**', 'ES_LEMD', 'IE_EIDW', 'CH_LSZH', ...]

NL_EHAM : Amsterdam

ES_LEBL : Barcelone

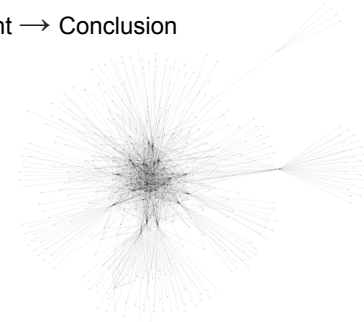
FR_LFPG : Paris Charles de Gaulle

DK_EKCH : Copenhague

Théorie des graphes

HABIB Mohamed, LANNUZEL Tristan, TACHET Dorian, THOMAS Etienne

Théorie des graphes



Partition et détection de communauté

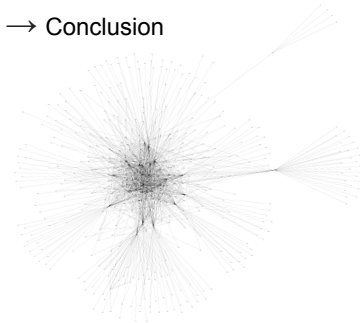
| Graphe aéroports : | Erdős Renyi correspondant : | Watts-Strogatz correspondant : | Barabasi correspondant : |
|---|---|---|--|
| Modularité : 0.2499254979191439 Nombre de partitions : 9 | Modularité : 0.280196566587396 Nombre de partitions : 10 | Modularité : 0.35368840846901745 Nombre de partitions : 11 | Modularité : 0.02362984849292758 Nombre de partitions : 7 |

- Modularité ne semble pas significative sur les partitions proposées
 - Les partitions ont elles un sens ?

Théorie des graphes

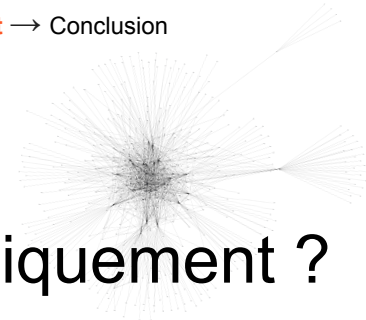
Noeuds clés, hubs et centralité

- Quels sont les noeuds clés de notre graphe ?
 - Amsterdam, Barcelone, Paris CDG, Copenhague
- Y a t-il des noeuds permettant de séparer les graphes en sous graphes distincts ?
 - Suppression Amsterdam
- Quelles mesures de centralité sont les plus importantes ?
 - centralité de degré : l'aéroport le plus important selon le degrés
 - "betweenness centrality" : l'aéroport étant le plus souvent dans les plus court chemin



Théorie des graphes

Les communautés sont-elles organisées géographiquement ?



#####GROUP113#####

| | |
|---------|---------|
| TR LTAC | TR LTAF |
| TR LTAJ | TR LTAT |
| TR LTBH | R LTBR |
| TR LTBU | TR LTCA |
| TR LTCB | TR LTCC |
| TR LTCD | TR LTCE |
| TR LTCF | TR LTCG |
| TR LTCI | TR LTCJ |
| TR LTCK | TR LTCO |
| TR LTCP | TR LTRC |
| TR LTCS | TR LTCT |
| TR LTCV | TR LTCW |
| TR LTDA | TR_LTFD |
| TR_LTFH | |

#####GROUP33#####

| | |
|---------|---------|
| FR LFPG | DK EKRK |
| FR FMCZ | FR FMEE |
| FR LFBZ | FR LFKB |
| FR LFKJ | FR LFLC |
| FR LFRB | FR LFRN |
| FR TFFF | FR TFFR |
| LV EVRS | TR LTBL |
| UK_EG13 | UK_EGBN |

#####GROUP30#####

| | |
|---------|---------|
| FI EFHK | FI EFIV |
| FI EFJO | FI EFJY |
| FI EFKE | FI EFKI |
| FI EFKK | FI EFKS |
| FI EFKT | FI EFKU |
| FI EFLP | FI EFMA |
| FI EFOU | FI EFPO |
| FI_EFRO | FI_EFVA |

#####GROUP59#####

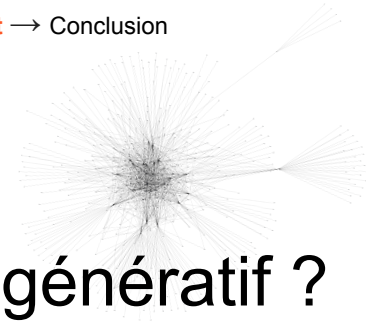
| | |
|---------|---------|
| SE ESSA | SE ESMQ |
| SE ESMT | SE ESNK |
| SE ESNN | SE ESNO |
| SE ESNQ | SE ESNS |
| SE ESGJ | SE ESSQ |
| SE ESDB | SE ESDF |
| SE ESMK | SE ESNU |
| SE ESNZ | SE ESOK |
| SE ESPA | SE ESPC |
| SE ESSD | SE_ESSV |
| SE_ESTA | |

#####GROUP2#####

| | |
|----------------------------|----------------------------|
| ES LEBL (Barcelone) | ES GCRR |
| ES LEAM | ES LEBB |
| ES LEIB | ES LEMD |
| ES LEST | ES LEVC |
| FR_LFBD (Bordeaux) | FR LFLI |
| FR_LFML (Marseille) | IT_LIMF (Turin) |
| IT LIPZ | IT LIRQ |
| RO_LRBS (Bucarest) | PL EPMO |
| ES GCFV | ES GCXO |
| UK EG90 | CZ_LKAA (Prague) |
| DE ED90 | DE_ETOC (Stuttgart) |
| ES LEAS | ES LECO |
| ES LEGR | ES LEJR |
| ES LEMH | ES LEPP |
| ES LESO | ES LEVX |
| FR LEXJ | FR LF90 |
| FR LFLY | IS BITA |
| IT LI90 | ES_GCLA |
| ES_GEML | |

- 100 louvains
- Seuil à 95%
- Groupement important entre les pays et zones géographiques proches
- Beaucoup d'aéroports se retrouvent tout de même seuls dans leurs communautés

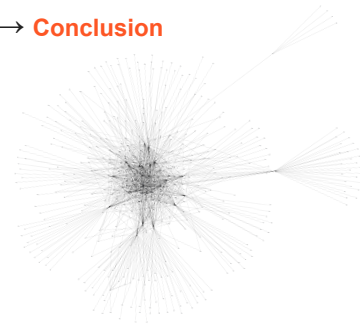
Théorie des graphes



Notre graphe peut-il être généré via un modèle génératif ?

- Y-a-t'il un modèle génératif de graphe qui ressemble à notre graphe ?
 - a. Densité et plus court chemin par un Erdős Renyi.
 - b. Hétérogénéité et clustering par un Barabasi
 - c. Pas de modèle génératif "parfait"

Théorie des graphes



Conclusion

- Difficulté du traitement des données
- Propriétés classiques réseaux “naturels” validées
- Compréhension des mesures appliquées sur un graphe
- Etude à étendre sur un graphe représentant le réseau aérien mondial
- Pour savoir la centralité la plus pertinente, il aurait été intéressant de comparer les aéroports détachés du graphe.

Théorie des graphes

