

Optimization in graphs under degree constraints. Application to telecommunication networks.

Ignasi Sau Valls

Director: *Xavier Muñoz López*

Departament de Matemàtica Aplicada IV de la UPC
Grup de grafs i combinatòria

29/09/08

Estructura de la presentació

1- Dades personals i temàtica

2- Fase de docència

- ▶ Cursos
- ▶ Assistència a congressos
- ▶ Xerrades

3- Fase de recerca

- ▶ Estades de recerca
- ▶ Esquema de la tesi
 - ★ Traffic Grooming
 - ★ Subgrafs amb restriccions sobre el grau
- ▶ Publicacions

4- Fase de realització de la tesi

Identificació

- **Proponent:** Ignasi Sau Valls.
- **Director de tesi:** Xavier Muñoz López.
- **Departament:** Departament de Matemàtica Aplicada 4.
- **Grup de recerca:** Grup de Grafs i Combinatòria.

Interessos científics:

Teoria de grafs, algorismes exactes i aproximatius, complexitat computacional, complexitat paramètrica, optimització combinatòria, xarxes d'interconnexió.

Web: `www-sop.inria.fr/members/Ignasi.Sauvalls`.

Dades personals

- Nascut a Barcelona el 14 de maig del **1982**.
- Vaig estudiar **Matemàtiques** i **Telecomunicacions** a la **UPC** (CFIS) durant el període 2000-2006.
- Ara estic fent el doctorat en **cotutel.la**:
 - ▶ al *Departament de Matemàtica Aplicada IV* de la **UPC** (Barcelona) amb en **Xavier Muñoz**, des de febrer del 2006.
 - ▶ al *projecte Mascotte* del **INRIA/CNRS-UNSA** (Sophia Antipolis, France) amb en **Jean-Claude Bermond** i en **David Coudert**, des d'octubre del 2006.
- Tinc una beca francesa (CNRS+regió PACA), i espero defensar la tesi abans de **novembre del 2009**.

Dades personals

- Nascut a Barcelona el 14 de maig del **1982**.
- Vaig estudiar **Matemàtiques** i **Telecomunicacions** a la **UPC** (CFIS) durant el període 2000-2006.
- Ara estic fent el doctorat en **cotutel.la**:
 - ▶ al *Departament de Matemàtica Aplicada IV* de la **UPC** (Barcelona) amb en **Xavier Muñoz**, des de febrer del 2006.
 - ▶ al *projecte Mascotte* del **INRIA/CNRS-UNSA** (Sophia Antipolis, France) amb en **Jean-Claude Bermond** i en **David Coudert**, des d'octubre del 2006.
- Tinc una beca francesa (CNRS+regió PACA), i espero defensar la tesi abans de **novembre del 2009**.

Dades personals

- Nascut a Barcelona el 14 de maig del **1982**.
- Vaig estudiar **Mathématiques** i **Telecomunicacions** a la **UPC** (CFIS) durant el període 2000-2006.
- Ara estic fent el doctorat en **cotutel.la**:
 - ▶ al *Departament de Matemàtica Aplicada IV* de la **UPC** (Barcelona) amb en **Xavier Muñoz**, des de febrer del 2006.
 - ▶ al *projecte Mascotte* del **INRIA/CNRS-UNSA** (Sophia Antipolis, France) amb en **Jean-Claude Bermond** i en **David Coudert**, des d'octubre del 2006.
- Tinc una beca francesa (CNRS+regió PACA), i espero defensar la tesi abans de **novembre del 2009**.

Fase de docència

Cursos rebuts a la UPC (2006)

- **Teoria de grafs.**

- ① *Coloració de grafs.* Impartit per Oriol Serra.
- ② *Teoria extremal en teoria de grafs.* Impartit per Aart Blokhuis.

- **Complexitat.**

- ① *Complexitat clàssica.* Impartit per Carme Àlvarez.
- ② *Complexitat paramètrica.* Impartit per Dimitrios M. Thilikos.
- ③ *Complexitat de circuits.* Impartit per Ricard Gavaldà.

- **Seminari de combinatòria, teoria de grafs i aplicacions.**

- **Seminari de matemàtica discreta.**

Cursos rebuts fora de la UPC

- ① **Spring School on Combinatorial Optimization of Communication Networks**; Budapest, Hungary, Març 2006.
- ② **Journées sur les graphes expandeurs**; Sophia-Antipolis, France, Abril 2006.
- ③ **Scientific Writing in English**; Sophia-Antipolis, France, Octubre 2006.
- ④ **IST FET AEOLUS Workshop on Scheduling**; Nice, France, Març 2007.
- ⑤ **IEEE Information Theory Winter School**; La Colle sur Loup, France, Març 2007.
- ⑥ **Premières Journées Statistiques du Sud**; Nice, France, Abril 2007.
- ⑦ **Journées sur l'optimisation des fonctions sous-modulaires**; Montpellier, France, Abril 2007.
- ⑧ **Workshop on GRaph Searching, Theory and Applications (GRASTA)**; Praia da Redonda, Brasil, Febrer 2008.
- ⑨ **GRAAL/AEOLUS School on Hot Topics in Network Algorithms**; Bartinoro, Italia, Maig 2008.
- ⑩ **Journées sur les stables transversaux dans les graphes**; Sophia-Antipolis, France, Novembre 2008.

Cursos impartits

Dono **classes** des del 2006 (unes **64h/any**) a la *Université de Nice-Sophia Antipolis* (**UNSA**):

- **2006/2007:**

- ▶ Programmation répartie en Java.
64h, teoria i problemes, 2n Informàtica.

- **2007/2008:**

- ▶ Programmation concurrente en Java.
21h, problemes, 2n Informàtica.
- ▶ Algorithmique et complexité.
49h, teoria i problemes, 3r Informàtica.
- ▶ Mathématiques discrètes et optimisation.
21h, teoria i problemes, 3r Informàtica.

- **2008/2009:**

- ▶ Bases algorithmiques.
37h, teoria i problemes, 3r Informàtica.

Presentacions d'articles a congressos

- 1 **8th International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON)**, Nottingham, U.K., Juny 2006.
"Traffic Grooming in Bidirectional WDM Ring Networks".
- 2 **International Network Optimization Conference (INOC)**, Spa, Belgium, Abril 2007.
"Optimal Permutation Routing on Mesh Networks".
- 3 **9èmes Rencontres Francophones sur les Aspects Algorithmiques de Télécommunications (AlgoTel)**, Ile d'Oleron, France, Maig 2007.
"Hardness of Approximating the Traffic Grooming Problem".
- 4 **34th International Workshop on Graph-Theoretic Concepts in Computer Science (WG)**, Durham, U.K., Juliol 2008.
"Traffic Grooming in Unidirectional WDM Rings with Bounded-Degree Request Graph".
- 5 **6th Workshop on Approximation and Online Algorithms (ALGO/WAOA)**, Karlsruhe, Garmany, Setembre 2008.
"Degree-Constrained Subgraph Problems: Hardness and Approximation".

Altres xerrades

- 1 **Traffic Grooming in Optical Networks.**
Seminar of Graph Theory, Combinatorics and Applications of UPC, [Barcelona, June 2006](#).
- 2 **On the Complexity of Classical Graph Theoretical Problems.**
PhD course on Computational Complexity of UPC, [Barcelona, June 2006](#).
- 3 **An Optimal Permutation Routing Algorithm for Hexagonal Mesh Networks.**
COST 293 GRAAL and COST 295 DYNAMO Discussion Workshop, [Maribor, Slovenia, February 2007](#).
- 4 **Packet Routing Problems on Plane Grids.**
AEOLUS Workshop on Scheduling, [Nice, France, March 2007](#).
- 5 **On the Dense k-Subgraph Problem.**
MASCOTTE project, [Sophia-Antipolis, France, April 2007](#).
- 6 **Finding Small Subgraphs under Degree Constraints.**
Computer Science Department of Technion, [Haifa, Israel, June 2007](#).
- 7 **Hardness and Approximation of Traffic Grooming.**
COST 293 Discussion Workshop, [Roma, Italy, October 2007](#).
- 8 **Trouver le plus petit sous-graphe avec degré minimum donné.**
9èmes Journées Graphes et Algorithmes, [Paris, France, November 2007](#).
- 9 **Maximum Degree-Bounded Connected Subgraph: Hardness and Approximation.**
MASCOTTE project, [Sophia-Antipolis, France, April 2008](#).
- 10 **Finding Small Subgraphs of Given Minimum Degree.**
COST 293 Discussion Workshop, [Bertinoro, Italy, May 2008](#).
- 11 **Maximum Degree-Bounded Connected Subgraph: Hardness and Approximation.**
Computer Science Department of Technion, [Haifa, Israel, June 2008](#).

Fase de recerca

Estades de recerca durant els darrers 2 anys

- 1 Department of Theoretical Computer Science.
Inštitut za Matematiko, Fiziko in Mehaniko.
Ljubljana, Eslovènia, 7 setmanes.
- 2 Computer Science Department.
Technion - Israel Institute of Technology.
Haifa, Israel, 6 setmanes.
- 3 Departamento de Computação.
Universidade Federal do Ceará.
Fortaleza, Brasil, 6 setmanes.
- 4 Department of Mathematics.
University of Athens.
Atenes, Grècia, 2 setmanes.

Esquema (provisional) de la tesi

- Introducció
- **Part I:** Traffic Grooming (5 subparts)
- **Part II:** Subgrafs amb restriccions sobre el grau (5 subparts)
- **Part III:** Varis (4/5 subparts)

Nota històrica sobre aquesta tesi...

- **2000-2006:** Mates+Telecos al **CFIS**.
- **2004-2005:** **Beca de recerca** al **MA4** sobre *Traffic Grooming*, amb en *Xavier Muñoz*.
- **2005-2006:** **PFC** de **ETSETB** sobre *Traffic Grooming* al projecte **Mascotte** (Sophia-Antipolis, França).
- **2006:** Vaig començar el **doctorat** en cotutela (**MA4+Mascotte**), bàsicament sobre *Traffic Grooming*.
- **~ 2007:** *Traffic Grooming* ~ Subgrafs amb restriccions sobre el grau (classe més general de problemes).

Nota històrica sobre aquesta tesi...

- **2000-2006:** Mates+Telecos al **CFIS**.
- **2004-2005:** **Beca de recerca** al **MA4** sobre *Traffic Grooming*, amb en *Xavier Muñoz*.
- **2005-2006:** **PFC** de **ETSETB** sobre *Traffic Grooming* al projecte **Mascotte** (Sophia-Antipolis, França).
- **2006:** Vaig començar el **doctorat** en cotutela (**MA4+Mascotte**), bàsicament sobre *Traffic Grooming*.
- **~ 2007:** *Traffic Grooming* $\rightsquigarrow$ Subgrafs amb restriccions sobre el grau (classe més general de problemes).

Nota històrica sobre aquesta tesi...

- **2000-2006:** Mates+Telecos al **CFIS**.
- **2004-2005:** **Beca de recerca** al **MA4** sobre *Traffic Grooming*, amb en *Xavier Muñoz*.
- **2005-2006:** **PFC** de **ETSETB** sobre *Traffic Grooming* al projecte **Mascotte** (Sophia-Antipolis, França).
- **2006:** Vaig començar el **doctorat** en cotutela (**MA4+Mascotte**), bàsicament sobre *Traffic Grooming*.
- **~ 2007:** *Traffic Grooming* $\rightsquigarrow$ Subgrafs amb restriccions sobre el grau (classe més general de problemes).

Nota històrica sobre aquesta tesi...

- **2000-2006:** Mates+Telecos al **CFIS**.
- **2004-2005:** **Beca de recerca** al **MA4** sobre *Traffic Grooming*, amb en *Xavier Muñoz*.
- **2005-2006:** **PFC** de **ETSETB** sobre *Traffic Grooming* al projecte **Mascotte** (Sophia-Antipolis, França).
- **2006:** Vaig començar el **doctorat** en cotutela (**MA4+Mascotte**), bàsicament sobre *Traffic Grooming*.
- ~ **2007:** *Traffic Grooming* $\rightsquigarrow$ Subgrafs amb restriccions sobre el grau (classe més general de problemes).

Nota històrica sobre aquesta tesi...

- **2000-2006:** Mates+Telecos al **CFIS**.
- **2004-2005:** **Beca de recerca** al **MA4** sobre *Traffic Grooming*, amb en *Xavier Muñoz*.
- **2005-2006:** **PFC** de **ETSETB** sobre *Traffic Grooming* al projecte **Mascotte** (Sophia-Antipolis, França).
- **2006:** Vaig començar el **doctorat** en cotutela (**MA4+Mascotte**), bàsicament sobre *Traffic Grooming*.
- **~ 2007:** *Traffic Grooming* $\rightsquigarrow$ Subgrafs amb restriccions sobre el grau (classe més general de problemes).

Traffic Grooming

Idea general

- Xarxes WDM (Wavelength Division Multiplexing)

- ▶ 1 longitud d'ona (o freqüència) = fins a 40 Gb/s
- ▶ 1 fibra = centenars de longituds d'ona = Tb/s

- Idea

El **Traffic grooming** en xarxes es refereix a agrupar tràfic de "baixa" velocitat en un flux de tràfic més ràpid

→ posem diversos senyals de "baixa" velocitat en la mateixa longitud d'ona (TDM, Time Division Multiplexing)

- Objectius

- ▶ Ús eficient de l'ample de banda
- ▶ Minimitzar el cost de la xarxa (en particular el material)

Idea general

- Xarxes WDM (Wavelength Division Multiplexing)

- ▶ 1 longitud d'ona (o freqüència) = fins a 40 Gb/s
- ▶ 1 fibra = centenars de longituds d'ona = Tb/s

- Idea

El **Traffic grooming** en xarxes es refereix a agrupar tràfic de "baixa" velocitat en un flux de tràfic més ràpid

→ posem diversos senyals de "baixa" velocitat en la mateixa longitud d'ona (TDM, Time Division Multiplexing)

- Objectius

- ▶ Ús eficient de l'ample de banda
- ▶ Minimitzar el cost de la xarxa (en particular el material)

Cas particular: anell unidireccional

Traffic Grooming in Unidirectional Rings

Input A cycle C_n on n nodes (network);
An *undirected* graph R on n nodes (request set);
A grooming factor C .

Output A partition of $E(R)$ into subgraphs
 $R_1, \dots, R_W$ with $|E(R_i)| \leq C, i=1, \dots, W$.

Objective Minimize $\sum_{\omega=1}^W |V(R_\omega)|$.

Exemple: $n = 4$, $R = K_4$, i $C = 3$

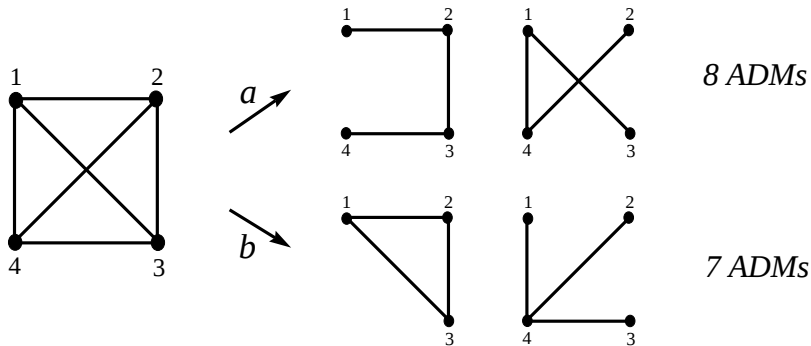


Figure: Dues particions vàlides de K_4 a l'anell unidireccional, per $C = 3$.

Problemes considerats (Traffic Grooming)

- ➊ Aproximació i dificultat d'aproximació (Chapter 1)
Amb Omid Amini i Stéphane Pérennes.
- ➋ El cas de l'anell bidireccional (Chapter 2)
Amb Jean-Claude Bermond i Xavier Muñoz.
- ➌ Traffic grooming de 2 períodes (Chapter 3)
Amb Jean-Claude Bermond, Charles J. Colbourn, Lucia Gionfriddo i Gaetano Quattrocchi.
- ➍ Graf de requests amb grau fitat (Chapter 4)
Amb Xavier Muñoz i Zhentao Li.
- ➎ El cas de l'estrella i els arbres (Chapter 5)
Amb Shmuel Zaks i Mordechai Shalom.

Problemes considerats (Traffic Grooming)

- 1 Aproximació i dificultat d'aproximació (Chapter 1)
Amb Omid Amini i Stéphane Pérennes.
- 2 El cas de l'anell bidireccional (Chapter 2)
Amb Jean-Claude Bermond i Xavier Muñoz.
- 3 Traffic grooming de 2 períodes (Chapter 3)
Amb Jean-Claude Bermond, Charles J. Colbourn, Lucia Gionfriddo i Gaetano Quattrocchi.
- 4 Graf de requests amb grau fitat (Chapter 4)
Amb Xavier Muñoz i Zhentao Li.
- 5 El cas de l'estrella i els arbres (Chapter 5)
Amb Shmuel Zaks i Mordechai Shalom.

Problemes considerats (Traffic Grooming)

- 1 Aproximació i dificultat d'aproximació (Chapter 1)
Amb Omid Amini i Stéphane Pérennes.
- 2 El cas de l'anell bidireccional (Chapter 2)
Amb Jean-Claude Bermond i Xavier Muñoz.
- 3 Traffic grooming de 2 períodes (Chapter 3)
Amb Jean-Claude Bermond, Charles J. Colbourn, Lucia Gionfriddo i Gaetano Quattrocchi.
- 4 Graf de requests amb grau fitat (Chapter 4)
Amb Xavier Muñoz i Zhentao Li.
- 5 El cas de l'estrella i els arbres (Chapter 5)
Amb Shmuel Zaks i Mordechai Shalom.

Problemes considerats (Traffic Grooming)

- 1 Aproximació i dificultat d'aproximació (Chapter 1)
Amb Omid Amini i Stéphane Pérennes.
- 2 El cas de l'anell bidireccional (Chapter 2)
Amb Jean-Claude Bermond i Xavier Muñoz.
- 3 Traffic grooming de 2 períodes (Chapter 3)
Amb Jean-Claude Bermond, Charles J. Colbourn, Lucia Gionfriddo i Gaetano Quattrocchi.
- 4 Graf de *requests* amb grau fitat (Chapter 4)
Amb Xavier Muñoz i Zhentao Li.
- 5 El cas de l'estrella i els arbres (Chapter 5)
Amb Shmuel Zaks i Mordechai Shalom.

Problemes considerats (Traffic Grooming)

- ① Aproximació i dificultat d'aproximació (Chapter 1)
Amb Omid Amini i Stéphane Pérennes.
- ② El cas de l'anell bidireccional (Chapter 2)
Amb Jean-Claude Bermond i Xavier Muñoz.
- ③ Traffic grooming de 2 períodes (Chapter 3)
Amb Jean-Claude Bermond, Charles J. Colbourn, Lucia Gionfriddo i Gaetano Quattrocchi.
- ④ Graf de *requests* amb grau fitat (Chapter 4)
Amb Xavier Muñoz i Zhentao Li.
- ⑤ El cas de l'estrella i els arbres (Chapter 5)
Amb Shmuel Zaks i Mordechai Shalom.

Subgrafs amb restriccions sobre el grau

Família de problemes

- Un **DEGREE-CONSTRAINED SUBGRAPH PROBLEM** *típic*:

Input:

- ▶ un graf G (amb pesos o sense), i
- ▶ un enter d .

Output:

- ▶ un subgraf (*connex*) H de G ,
- ▶ satisfent certes condicions sobre el grau ($\Delta(H) \leq d$ o $\delta(H) \geq d$),
- ▶ i optimitzant un cert paràmetre ($|V(H)|$ o $|E(H)|$).

- Molts problemes d'aquesta família són problemes NP-difícils clàssics.
- Tenen moltes aplicacions en xarxes d'interconnexió, algorismes d'enrutament, química, ...
- El *Traffic Grooming* es pot veure com un cas particular.

Família de problemes

- Un **DEGREE-CONSTRAINED SUBGRAPH PROBLEM** *típic*:

Input:

- ▶ un graf G (amb pesos o sense), i
- ▶ un enter d .

Output:

- ▶ un subgraf (*connex*) H de G ,
- ▶ satisfent certes condicions sobre el grau ($\Delta(H) \leq d$ o $\delta(H) \geq d$),
- ▶ i optimitzant un cert paràmetre ($|V(H)|$ o $|E(H)|$).

- Molts problemes d'aquesta família són problemes NP-difícils clàssics.
- Tenen moltes aplicacions en xarxes d'interconnexió, algorismes d'enrutament, química, ...
- El *Traffic Grooming* es pot veure com un cas particular.

Família de problemes

- Un **DEGREE-CONSTRAINED SUBGRAPH PROBLEM** *típic*:

Input:

- ▶ un graf G (amb pesos o sense), i
- ▶ un enter d .

Output:

- ▶ un subgraf (*connex*) H de G ,
- ▶ satisfent certes condicions sobre el grau ($\Delta(H) \leq d$ o $\delta(H) \geq d$),
- ▶ i optimitzant un cert paràmetre ($|V(H)|$ o $|E(H)|$).

- Molts problemes d'aquesta família són problemes NP-difícils clàssics.
- Tenen moltes aplicacions en xarxes d'interconnexió, algorismes d'enrutament, química, ...
- El *Traffic Grooming* es pot veure com un cas particular.

Família de problemes

- Un **DEGREE-CONSTRAINED SUBGRAPH PROBLEM** *típic*:

Input:

- ▶ un graf G (amb pesos o sense), i
- ▶ un enter d .

Output:

- ▶ un subgraf (*connex*) H de G ,
 - ▶ satisfent certes condicions sobre el grau ($\Delta(H) \leq d$ o $\delta(H) \geq d$),
 - ▶ i optimitzant un cert paràmetre ($|V(H)|$ o $|E(H)|$).
- Molts problemes d'aquesta família són problemes NP-difícils clàssics.
 - Tenen moltes aplicacions en xarxes d'interconnexió, algorismes d'enrutament, química, ...
 - El *Traffic Grooming* es pot veure com un cas particular.

Família de problemes

- Un **DEGREE-CONSTRAINED SUBGRAPH PROBLEM** *típic*:

Input:

- ▶ un graf G (amb pesos o sense), i
- ▶ un enter d .

Output:

- ▶ un subgraf (*connex*) H de G ,
 - ▶ satisfent certes condicions sobre el grau ($\Delta(H) \leq d$ o $\delta(H) \geq d$),
 - ▶ i optimitzant un cert paràmetre ($|V(H)|$ o $|E(H)|$).
- Molts problemes d'aquesta família són problemes NP-difícils clàssics.
 - Tenen moltes aplicacions en xarxes d'interconnexió, algorismes d'enrutament, química, ...
 - El *Traffic Grooming* es pot veure com un cas particular.

Primer exemple

- **MINIMUM SUBGRAPH OF MINIMUM DEGREE $\geq d$ (MSMD _{d}):**

Input: an undirected graph $G = (V, E)$ and an integer $d \geq 3$.

Output: a subset $S \subseteq V$ with $\delta(G[S]) \geq d$, s.t. $|S|$ is minimum.

- Per $d = 2$ és el problem del GIRTH, que està a P.
- Per $d \geq 3$, no es pot aproximar amb cap ràtio constant.
- **Motivacions:** estreta relació amb TRAFFIC GROOMING i DENSE- k -SUBGRAPH.

Primer exemple

- **MINIMUM SUBGRAPH OF MINIMUM DEGREE $\geq d$ (MSMD _{d}):**

Input: an undirected graph $G = (V, E)$ and an integer $d \geq 3$.

Output: a subset $S \subseteq V$ with $\delta(G[S]) \geq d$, s.t. $|S|$ is minimum.

- Per $d = 2$ és el problem del GIRTH, que està a P.
- Per $d \geq 3$, no es pot aproximar amb cap ràtio constant.
- **Motivacions:** estreta relació amb TRAFFIC GROOMING i DENSE- k -SUBGRAPH.

Primer exemple

- **MINIMUM SUBGRAPH OF MINIMUM DEGREE $\geq d$ (MSMD _{d}):**

Input: an undirected graph $G = (V, E)$ and an integer $d \geq 3$.

Output: a subset $S \subseteq V$ with $\delta(G[S]) \geq d$, s.t. $|S|$ is minimum.

- Per $d = 2$ és el problem del GIRTH, que està a P.
- Per $d \geq 3$, no es pot aproximar amb cap ràtio constant.
- **Motivacions:** estreta relació amb TRAFFIC GROOMING i DENSE- k -SUBGRAPH.

Primer exemple

- **MINIMUM SUBGRAPH OF MINIMUM DEGREE $\geq d$ (MSMD _{d}):**

Input: an undirected graph $G = (V, E)$ and an integer $d \geq 3$.

Output: a subset $S \subseteq V$ with $\delta(G[S]) \geq d$, s.t. $|S|$ is minimum.

- Per $d = 2$ és el problem del GIRTH, que està a P.
- Per $d \geq 3$, no es pot aproximar amb cap ràtio constant.

- **Motivacions:** estreta relació amb TRAFFIC GROOMING i DENSE- k -SUBGRAPH.

Primer exemple

- **MINIMUM SUBGRAPH OF MINIMUM DEGREE $\geq d$ (MSMD _{d}):**

Input: an undirected graph $G = (V, E)$ and an integer $d \geq 3$.

Output: a subset $S \subseteq V$ with $\delta(G[S]) \geq d$, s.t. $|S|$ is minimum.

- Per $d = 2$ és el problem del GIRTH, que està a P.
- Per $d \geq 3$, no es pot aproximar amb cap ràtio constant.
- **Motivacions:** estreta relació amb TRAFFIC GROOMING i DENSE- k -SUBGRAPH.

Segon exemple

- **MAXIMUM d -DEGREE-BOUNDED CONNECTED SUBGRAPH (MDBCS $_d$):**

Input:

- ▶ an undirected graph $G = (V, E)$,
- ▶ an integer $d \geq 2$, and
- ▶ a weight function $\omega : E \rightarrow \mathbb{R}^+$.

Output:

a subset of edges $E' \subseteq E$ of **maximum weight**, s.t. $G' = (V, E')$

- ▶ is **connected**, and
- ▶ $\Delta(G') \leq d$.

- És un dels problemes **NP-difícils** clàssics de *[Garey and Johnson, Computers and Intractability, 1979]*.
- Si el subgraf de l'*output* no té perquè ser connex, el problema està a **P** per qualsevol d (fent servir tècniques de *matching*).
- Per $d = 2$ és el problema de **LONGEST PATH (OR CYCLE)**.

Segon exemple

- **MAXIMUM d -DEGREE-BOUNDED CONNECTED SUBGRAPH (MDBCS $_d$):**

Input:

- ▶ an undirected graph $G = (V, E)$,
- ▶ an integer $d \geq 2$, and
- ▶ a weight function $\omega : E \rightarrow \mathbb{R}^+$.

Output:

a subset of edges $E' \subseteq E$ of **maximum weight**, s.t. $G' = (V, E')$

- ▶ is **connected**, and
- ▶ $\Delta(G') \leq d$.

- És un dels problemes **NP-difícils** clàssics de *[Garey and Johnson, Computers and Intractability, 1979]*.
- Si el subgraf de l'*output* no té perquè ser connex, el problema està a **P** per qualsevol d (fent servir tècniques de *matching*).
- Per $d = 2$ és el problema de **LONGEST PATH (OR CYCLE)**.

Segon exemple

- **MAXIMUM d -DEGREE-BOUNDED CONNECTED SUBGRAPH (MDBCS $_d$):**

Input:

- ▶ an undirected graph $G = (V, E)$,
- ▶ an integer $d \geq 2$, and
- ▶ a weight function $\omega : E \rightarrow \mathbb{R}^+$.

Output:

a subset of edges $E' \subseteq E$ of **maximum weight**, s.t. $G' = (V, E')$

- ▶ is **connected**, and
- ▶ $\Delta(G') \leq d$.

- És un dels problemes **NP-difícils** clàssics de *[Garey and Johnson, Computers and Intractability, 1979]*.
- Si el subgraf de l'*output* no té perquè ser connex, el problema està a **P** per qualsevol d (fent servir tècniques de *matching*).
- Per $d = 2$ és el problema de **LONGEST PATH (OR CYCLE)**.

Segon exemple

- **MAXIMUM d -DEGREE-BOUNDED CONNECTED SUBGRAPH (MDBCS $_d$):**

Input:

- ▶ an undirected graph $G = (V, E)$,
- ▶ an integer $d \geq 2$, and
- ▶ a weight function $\omega : E \rightarrow \mathbb{R}^+$.

Output:

a subset of edges $E' \subseteq E$ of **maximum weight**, s.t. $G' = (V, E')$

- ▶ is **connected**, and
- ▶ $\Delta(G') \leq d$.

- És un dels problemes **NP-difícils** clàssics de *[Garey and Johnson, Computers and Intractability, 1979]*.
- Si el subgraf de l'*output* no té perquè ser connex, el problema està a **P** per qualsevol d (fent servir tècniques de *matching*).
- Per $d = 2$ és el problema de **LONGEST PATH (OR CYCLE)**.

Segon exemple

- **MAXIMUM d -DEGREE-BOUNDED CONNECTED SUBGRAPH (MDBCS $_d$):**

Input:

- ▶ an undirected graph $G = (V, E)$,
- ▶ an integer $d \geq 2$, and
- ▶ a weight function $\omega : E \rightarrow \mathbb{R}^+$.

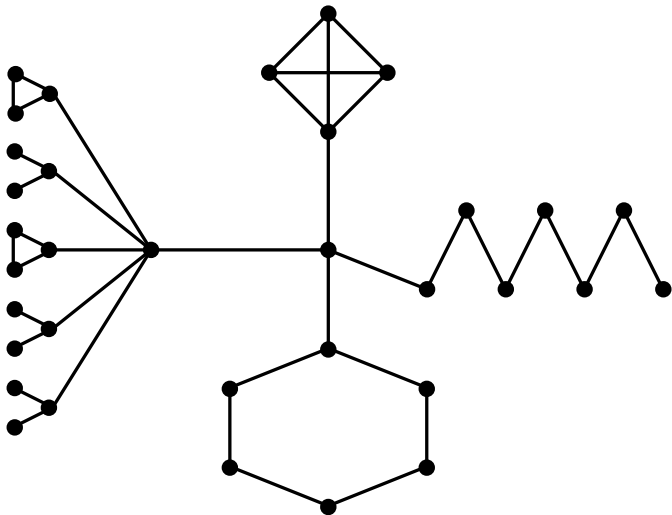
Output:

a subset of edges $E' \subseteq E$ of **maximum weight**, s.t. $G' = (V, E')$

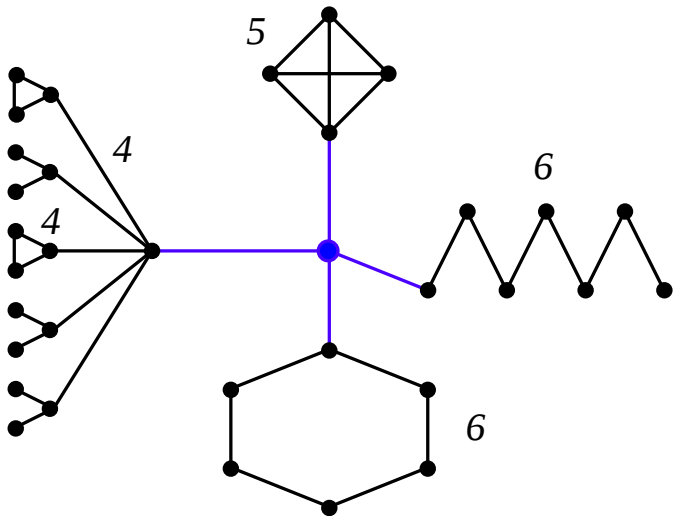
- ▶ is **connected**, and
- ▶ $\Delta(G') \leq d$.

- És un dels problemes **NP-difícils** clàssics de *[Garey and Johnson, Computers and Intractability, 1979]*.
- Si el subgraf de l'*output* no té perquè ser connex, el problema està a **P** per qualsevol d (fent servir tècniques de *matching*).
- Per $d = 2$ és el problema de **LONGEST PATH (OR CYCLE)**.

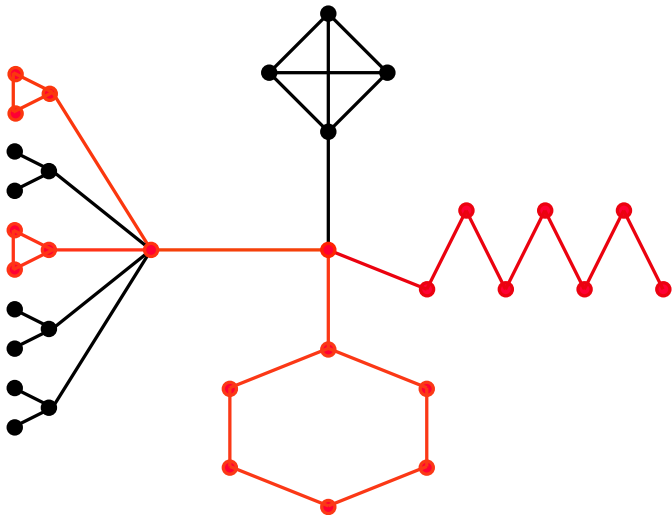
Exemple amb $d = 3$, $\omega(e) = 1$ per a tot $e \in E(G)$



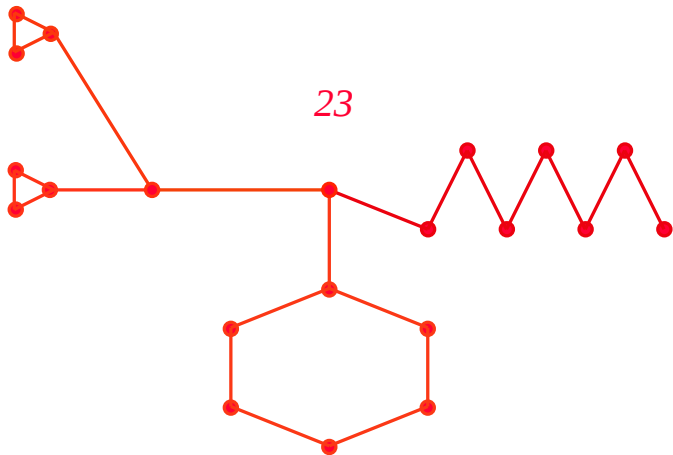
Exemple amb $d = 3$ (II)



Exemple amb $d = 3$ (III)



Exemple amb $d = 3$ (IV)



Problemes considerats (Subgrafs amb restr. grau)

- 1 Complexitat paramètrica de MSMD_d (Chapter 6)
Amb Omid Amini i Saket Saurabh.
- 2 Aproximació i dificultat d'aproximació (p.ex. MDBCS_d) (Chapter 7)
Amb Omid Amini, David Peleg, Stéphane Pérennes i Saket Saurabh.
- 3 Algorismes paramètrics per trobar subgrafs maximals (Chapter 8)
Amb Dimitrios M. Thilikos.
- 4 Algorismes paramètrics amillorats per grafs de gènere fitat (Ch. 9)
Amb Juan José Rué i Dimitrios M. Thilikos.
- 5 Algorismes polinomials per trobar subgrafs maximals en grafs d'interval (Chapter 10)
Amb George B. Mertzios i Stavros Nikolopoulos.

Problemes considerats (Subgrafs amb restr. grau)

- 1 Complexitat paramètrica de MSMD_d (Chapter 6)
Amb Omid Amini i Saket Saurabh.
- 2 Aproximació i dificultat d'aproximació (p.ex. MDBCS_d) (Chapter 7)
Amb Omid Amini, David Peleg, Stéphane Pérennes i Saket Saurabh.
- 3 Algorismes paramètrics per trobar subgrafs maximals (Chapter 8)
Amb Dimitrios M. Thilikos.
- 4 Algorismes paramètrics amillorats per grafs de gènere fitat (Ch. 9)
Amb Juan José Rué i Dimitrios M. Thilikos.
- 5 Algorismes polinomials per trobar subgrafs maximals en grafs d'interval·ls (Chapter 10)
Amb George B. Mertzios i Stavros Nikolopoulos.

Problemes considerats (Subgrafs amb restr. grau)

- 1 Complexitat paramètrica de MSMD_d (Chapter 6)
Amb Omid Amini i Saket Saurabh.
- 2 Aproximació i dificultat d'aproximació (p.ex. MDBCS_d) (Chapter 7)
Amb Omid Amini, David Peleg, Stéphane Pérennes i Saket Saurabh.
- 3 Algorismes paramètrics per trobar subgrafs maximals (Chapter 8)
Amb Dimitrios M. Thilikos.
- 4 Algorismes paramètrics amillorats per grafs de gènere fitat (Ch. 9)
Amb Juan José Rué i Dimitrios M. Thilikos.
- 5 Algorismes polinomials per trobar subgrafs maximals en grafs d'interval·ls (Chapter 10)
Amb George B. Mertzios i Stavros Nikolopoulos.

Problemes considerats (Subgrafs amb restr. grau)

- ❶ Complexitat paramètrica de MSMD_d (Chapter 6)
Amb Omid Amini i Saket Saurabh.
- ❷ Aproximació i dificultat d'aproximació (p.ex. MDBCS_d) (Chapter 7)
Amb Omid Amini, David Peleg, Stéphane Pérennes i Saket Saurabh.
- ❸ Algorismes paramètrics per trobar subgrafs maximals (Chapter 8)
Amb Dimitrios M. Thilikos.
- ❹ Algorismes paramètrics amillorats per grafs de gènere fitat (Ch. 9)
Amb Juan José Rué i Dimitrios M. Thilikos.
- ❺ Algorismes polinomials per trobar subgrafs maximals en grafs d'interval·ls (Chapter 10)
Amb George B. Mertzios i Stavros Nikolopoulos.

Problemes considerats (Subgrafs amb restr. grau)

- ❶ Complexitat paramètrica de MSMD_d (Chapter 6)
Amb Omid Amini i Saket Saurabh.
- ❷ Aproximació i dificultat d'aproximació (p.ex. MDBCS_d) (Chapter 7)
Amb Omid Amini, David Peleg, Stéphane Pérennes i Saket Saurabh.
- ❸ Algorismes paramètrics per trobar subgrafs maximals (Chapter 8)
Amb Dimitrios M. Thilikos.
- ❹ Algorismes paramètrics amillorats per grafs de gènere fitat (Ch. 9)
Amb Juan José Rué i Dimitrios M. Thilikos.
- ❺ Algorismes polinomials per trobar subgrafs maximals en grafs d'interval·ls (Chapter 10)
Amb George B. Mertzios i Stavros Nikolopoulos.

Publicacions

Publicacions en revistes

- Publicat:

- ① An Optimal Permutation Routing Algorithm for Full-Duplex Hexagonal Mesh Networks.

I. S. and Janez Žerovnik.

Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science (DMTCS), 10(3):49-62, 2008.

- Enviats:

- ① Drop Cost and Wavelength Optimal Two-Period Grooming with Ratio 4.

Jean-Claude Bermond, Charles J. Colbourn, Lucia Gionfriddo, Gaetano Quattrocchi and I. S.

Networks.

- ② Optimal (ℓ, k) -Routing on Plane Grids.

Omid Amini, Florian Huc, Janez Žerovnik and I. S.

Journal of Interconnection Networks.

Publicacions en revistes

- Publicat:

- ① An Optimal Permutation Routing Algorithm for Full-Duplex Hexagonal Mesh Networks.

I. S. and Janez Žerovnik.

Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science (DMTCS), 10(3):49-62, 2008.

- Enviats:

- ① Drop Cost and Wavelength Optimal Two-Period Grooming with Ratio 4.

Jean-Claude Bermond, Charles J. Colbourn, Lucia Gionfriddo, Gaetano Quattrocchi and I. S.

Networks.

- ② Optimal (ℓ, k) -Routing on Plane Grids.

Omid Amini, Florian Huc, Janez Žerovnik and I. S.

Journal of Interconnection Networks.

Publicacions en congressos internacionals

- 1 Traffic Grooming in Bidirectional WDM Ring Networks.
Jean-Claude Bermond, David Coudert, Xavier Muñoz, and I. S.
ICTON 2006, Nottingham, UK, June 2006.
- 2 Optimal Permutation Routing on Mesh Networks.
I. S. and Janez Zerovnik.
INOC 2007, Spa, Belgium, April 2007.
- 3 Hardness and Approximation of Traffic Grooming.
Omid Amini, Stéphane Pérennes, and I. S.
ISAAC 2007, Sendai, Japan, December 2007.
- 4 Parameterized Complexity of the Smallest Degree-Constrained Subgraph Problem.
Omid Amini, I. S., and Saket Saurabh.
IWPEC 2008, Victoria, Canada, May 2008.
- 5 Traffic Grooming in Unidirectional WDM Rings with Bounded-Degree Request Graph.
Xavier Muñoz and I. S.
WG 2008, Durham University, U.K., July 2008.
- 6 Degree-Constrained Subgraph Problems: Hardness and Approximation.
Omid Amini, David Peleg, Stéphane Pérennes, I. S., and Saket Saurabh.
ALGO/WAOA 2008, Universität Karlsruhe, Germany, September 2008.

Publicacions en congressos nacionals o *workshops*

- 1 Packet Routing Problems on Plane Grids.
I. S.
AEOLUS Workshop on Scheduling, Nice, France, March 2007,
- 2 Hardness of Approximating the Traffic Grooming.
Omid Amini, Stéphane Pérennes, and I. S.
AlgoTel 2007, Ile d'Oléron, France, May 2007.
- 3 Trouver le plus petit sous-graphe avec degré minimum donné.
I. S.
9èmes Journées Graphes et Algorithmes, Paris, France, November 2007.
- 4 ...

Articles en preparació 1/2 (congressos)

- ❶ Graph Partitioning and Traffic Grooming with Bounded Degree Request Graph.
Zhentao Li and I. S.
- ❷ Parameterized Algorithms for Maximum Subgraph Problems.
I. S. and Dimitrios M. Thilikos
- ❸ Improved Subexponential Parameterized Algorithms on Graphs of Bounded Genus .
Juan José Rué, I.S., and Dimitrios M. Thilikos
- ❹ Polynomial Algorithms for Maximum Subgraph Problems on Interval Graphs.
George B. Mertzios, Stavros Nikolopoulos and I. S.
- ❺ Weighted Coloring on P_4 -sparse Graphs.
Júlio César Araújo, Cláudia Linhares-Sales, and I. S.

Articles en preparació 2/2 (revistes)

- ❶ Traffic Grooming in Bidirectional WDM Ring Networks.
Jean-Claude Bermond, Xavier Muñoz, and I. S.
- ❷ Hardness and Approximation of Traffic Grooming.
Omid Amini, Stéphane Pérennes, and I. S.
- ❸ Parameterized Complexity of the Smallest Degree-Constrained Subgraph Problem.
Omid Amini, I. S., and Saket Saurabh.
- ❹ Traffic Grooming in Unidirectional WDM Rings with Bounded-Degree Request Graph.
Xavier Muñoz, Zhentao Li, and I. S.
- ❺ Degree-Constrained Subgraph Problems: Hardness and Approximation.
Omid Amini, David Peleg, Stéphane Pérennes, I. S., and Saket Saurabh.
- ❻ On the Existence of Edge-Simple Circuits on Square Grids.
David Coudert, Frédéric Giroire, and I. S.

Fase de realització de la tesi

Pla de treball (fins el proper estiu!!)

- Acabar la **recerca** descrita als capítols 4, 5, 8, 9, 10 (i 13).
- Acabar d'**escriure** els **articles** per a revistes i conferències.
- Acabar les **classes** que estic donant a Nice (unes 20h).
- Iniciar noves col.laboracions científiques.
- Trobar un bon *postdoc*.
- I finalment... escriure la **tesi**.

Pla de treball (fins el proper estiu!!)

- Acabar la **recerca** descrita als capítols 4, 5, 8, 9, 10 (i 13).
- Acabar d'**escriure** els **articles** per a revistes i conferències.
- Acabar les **classes** que estic donant a Nice (unes 20h).
- Iniciar noves col.laboracions científiques.
- Trobar un bon *postdoc*.
- I finalment... escriure la **tesi**.

Pla de treball (fins el proper estiu!!)

- Acabar la **recerca** descrita als capítols 4, 5, 8, 9, 10 (i 13).
- Acabar d'**escriure** els **articles** per a revistes i conferències.
- Acabar les **classes** que estic donant a Nice (unes 20h).
- Iniciar noves col.laboracions científiques.
- Trobar un bon *postdoc*.
- I finalment... escriure la **tesi**.

Pla de treball (fins el proper estiu!!)

- Acabar la **recerca** descrita als capítols 4, 5, 8, 9, 10 (i 13).
- Acabar d'**escriure** els **articles** per a revistes i conferències.
- Acabar les **classes** que estic donant a Nice (unes 20h).
- Iniciar noves col.laboracions científiques.
- Trobar un bon ***postdoc***.
- I finalment... escriure la **tesi**.

Pla de treball (fins el proper estiu!!)

- Acabar la **recerca** descrita als capítols 4, 5, 8, 9, 10 (i 13).
- Acabar d'**escriure** els **articles** per a revistes i conferències.
- Acabar les **classes** que estic donant a Nice (unes 20h).
- Iniciar noves col.laboracions científiques.
- Trobar un bon ***postdoc***.
- I finalment... escriure la **tesi**.