

# Extension du réseau ADSL de Bouygues Telecom

---

Julien Darlay & Frédéric Gardi

[jdarlay@innovation24.fr](mailto:jdarlay@innovation24.fr)

[fgardi@innovation24.fr](mailto:fgardi@innovation24.fr)

Innovation 24 & LocalSolver  
Groupe Bouygues



# Innovation 24

## Filiale Optimisation & Aide à la Décision du Groupe Bouygues

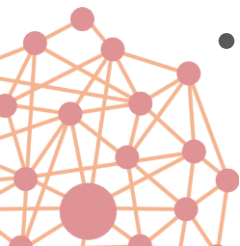
5 ingénieurs-docteurs en informatique et mathématiques

15 ans d'expérience en RO

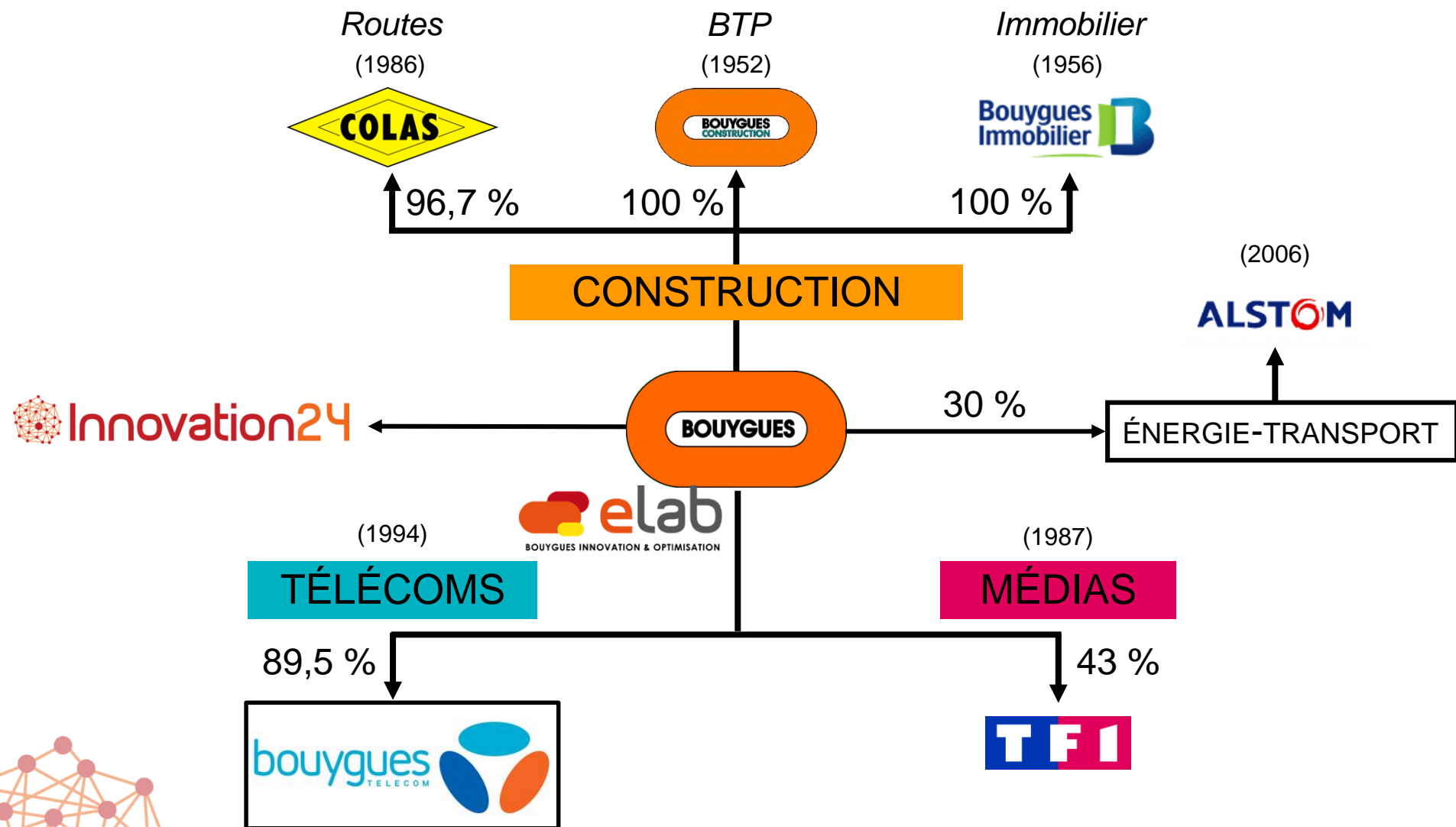
- Optimisation
- Planification
- Prévision
- Revenue Management
- Analyse de données
- Simulation

 **LocalSolver**  
[www.localsolver.com](http://www.localsolver.com)

- Conseil
- Prototypes
- Logiciels
- LocalSolver



# Groupe Bouygues



# Stratégie Bouygues Telecom

## ADSL : Bouygues Telecom ramène le triple play à 19,99 euros

**Business :** Qualifiée d'offre « de rupture » par Martin Bouygues, elle positionne désormais le triple play (TV, Internet et téléphonie fixe) à 19,99 euros/mois, contre 30 à 40€ en moyenne chez les autres FAI. Et la riposte ne s'arrêtera pas là promet le patron de Bouygues.

Source: zdnet.fr (Février 2014)

A 8:55 dans Internet, Marques, Téléphonie

### Bouygues Telecom dégroupera 1500 NRA

Par Arik Benayoun - Le twitter

16  
JUN  
2014

INTERNET



Les paroles d'Olivier Roussat, PDG de Bouygues Telecom, se transforment en acte. L'opérateur envisage d'investir massivement dans le haut débit en dégroupant près de 1 500 NRA (centraux téléphoniques). L'offre à 19,99€/mois va se démocratiser.

Source: degrouppnews.fr (Juin 2014)



# Collecte de NRA





**NRA:** Nœud de Raccordement Abonnés



# Collecte de NRA

## Deux choix pour un opérateur

- Installer son propre matériel (Dégroupage)
- Utiliser le matériel d'un opérateur tiers (FT, SFR, Axione)

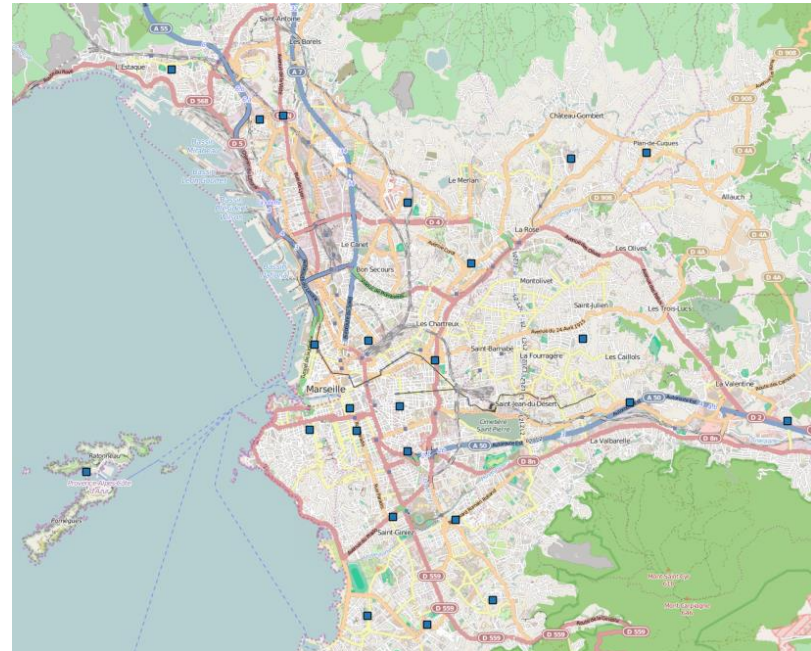
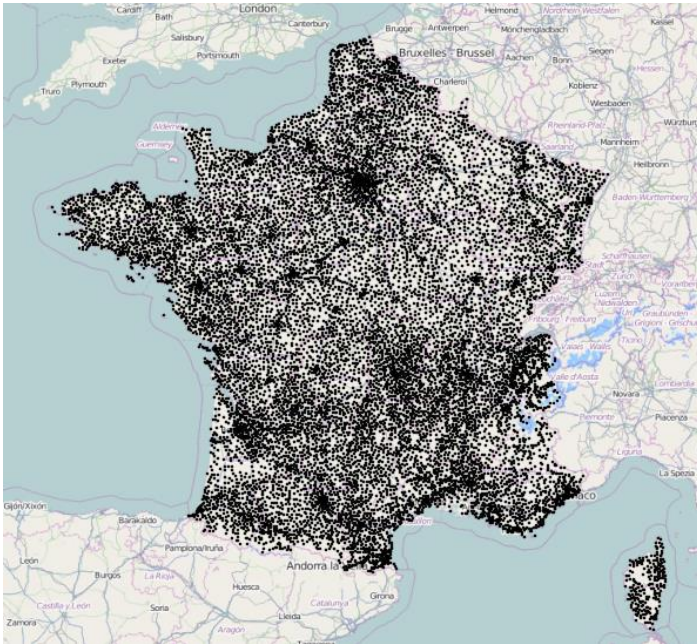
Opérateur	Nombre de NRA dégroupés (06/2014)
	6714 (84,7% des foyers)
	6276 (83,1% des foyers)
	4938 (77,1 % des foyers) (dont 750 en propre)
	4908 (76,8 % des foyers)

Source: ariase.com et stats-degroupage.fr



# NRA en France

Environ 14 000 NRA en France



Question: comment étendre le réseau de Bouygues Telecom ?





# Modèle de coûts

## Hypothèses économiques

- Gain par abonné (**périodique**)
- Nombre d'abonnés par NRA
- 2 possibilités
  - Coût de « location » d'un NRA (**périodique**)
  - Coût de dégroupage d'un NRA (**fixe + périodique**)

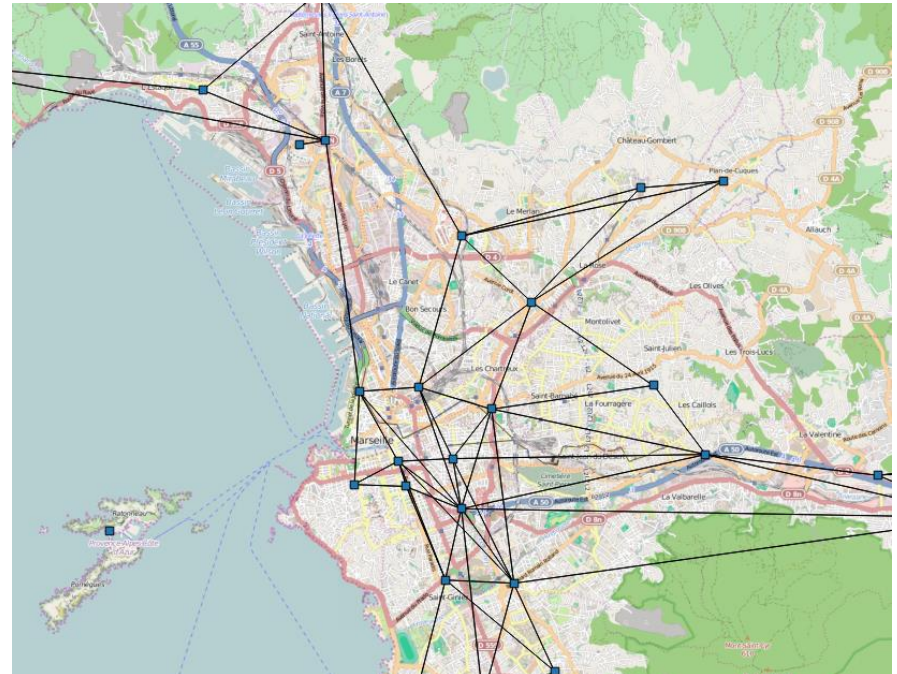
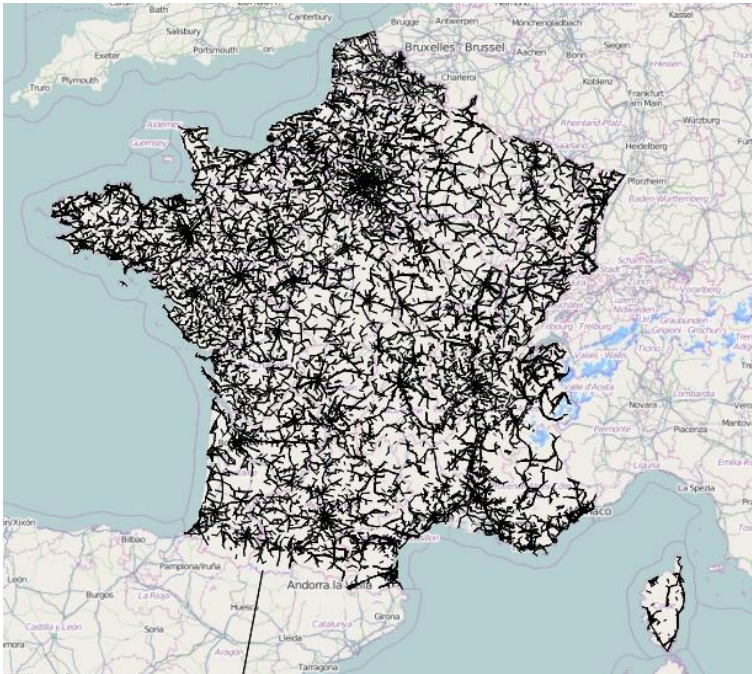
Question: comment raccorder un NRA au réseau de Bouygues Telecom ?





# Offre LFO France Télécom

France Télécom propose à la location un réseau de fibres optiques entre NRA (32 000 liens\*)



# Modèle de coûts

## Hypothèses économiques

- Gain par abonné
- Nombre d'abonnés par NRA
- Coût de « location » d'un NRA
- Coût de dégroupage d'un NRA
- **Coût par utilisation de liens LFO**

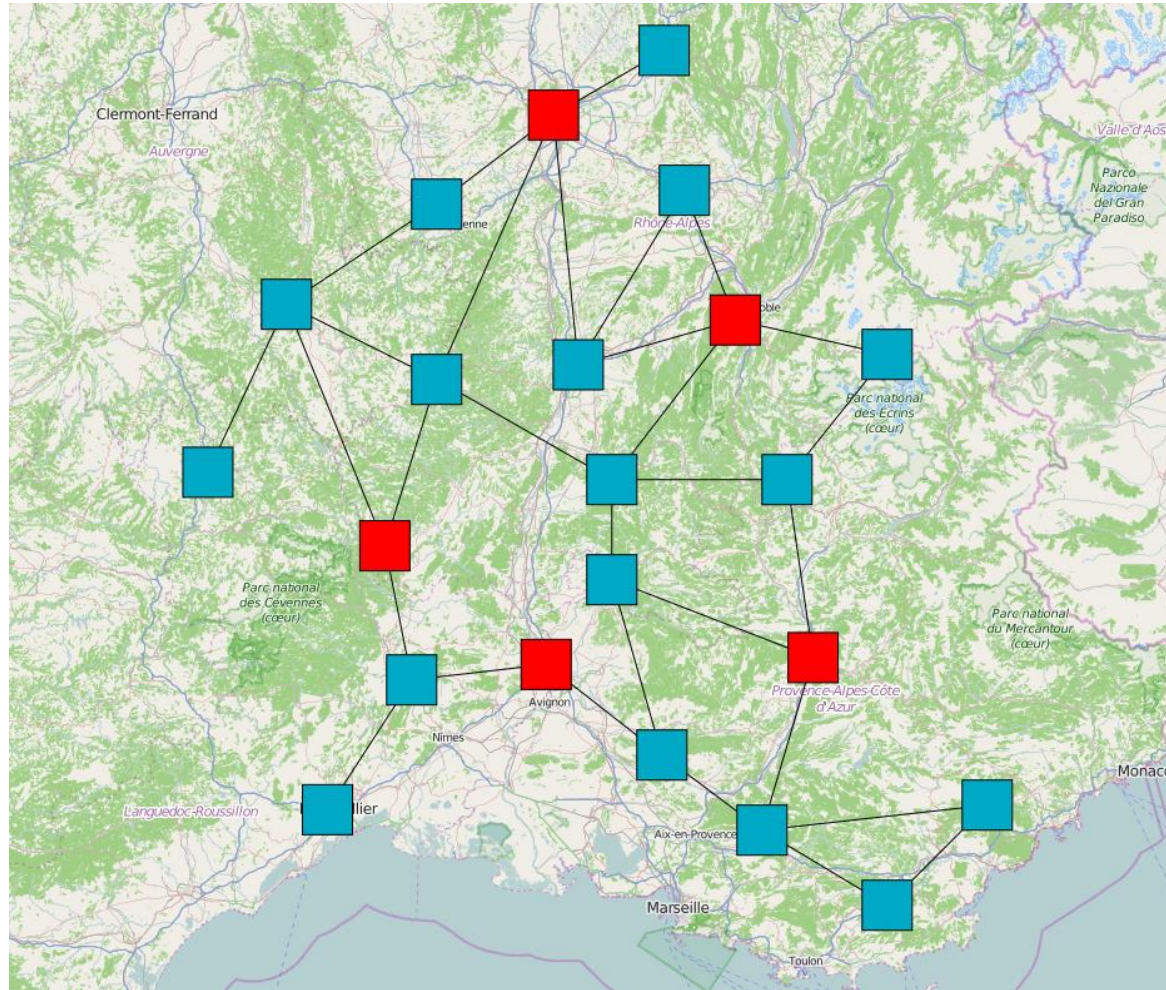
## Contrainte

- Relier les NRA dégroupés aux points de présence Bouygues Telecom via l'offre LFO





# Vers un problème de graphe



# Prize collecting Steiner Forest

Entrée: un graphe  $G = (V, E, c, p)$

- $V$  : Nœuds du graphe
- $E$  : Arêtes du graphe
- $p(v)$  : Profit en sélectionnant un nœud  $v$
- $c(e)$ : Coût d'utilisation d'un lien  $e$

Sortie: une forêt  $F = (V', E')$  maximisant  $p(V') - c(E')$

- $V'$  : nœuds sélectionnés
- $E'$  : arêtes retenues permettant la connexité

NP-Difficile ☹️

Instance: 15 000 nœuds, 180 000 arêtes



# Contraintes métier supplémentaires

## Degré sortant

- 4 liens sortant d'un NRA, 1 pour certains NRA
- 2 liens sortant d'un point de présence Bouygues Telecom

## Pas de cycle

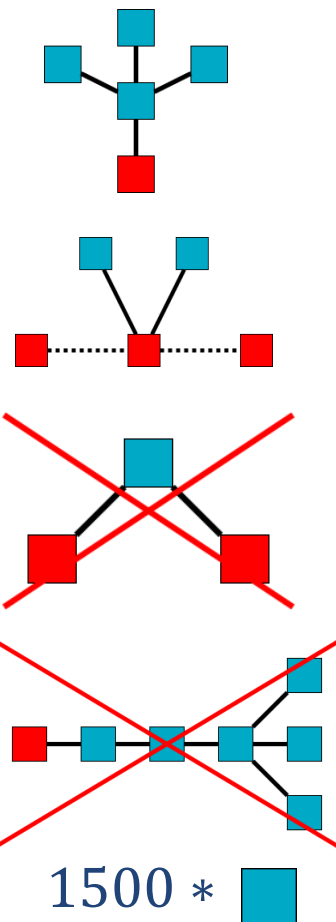
- Un cycle peut avoir lieu en reliant deux points de présence

## Pas de chaines avec trop d'abonnés

- Pour ne pas être sensible aux pannes

## Nombre fixe de NRA à dégrupper

- En pratique environ 1500 NRA à dégrupper



# Résolution du problème

## Traitement chez Bouygues Telecom (manuel)

- Limité à 400 nœuds
- Plusieurs semaines de travail
- Permet de créer un benchmark

## Besoin client

- Traite le problème global (15000 NRA, 1500 éléments à sélectionner)
- Temps de réponse court (quelques minutes)
- Spécifications dynamiques

## Heuristique

- Utilisation de LocalSolver
- Difficulté: assurer la connexité dans la solution



# LocalSolver

*Model & run*

Optimisation combinatoire,  
continue et mixte

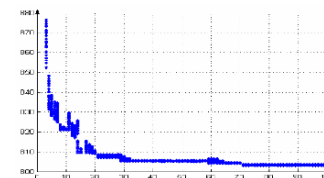
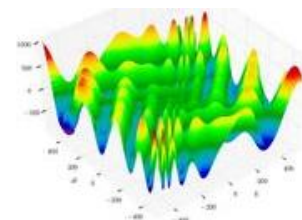
Problèmes de grande taille  
non convexes

Des solutions de bonne qualité  
en quelques secondes

LocalSolver 5.0

=

LS + CP/SAT + LP/MIP +  
NLP



[www.localsolver.com](http://www.localsolver.com)

Innovation24



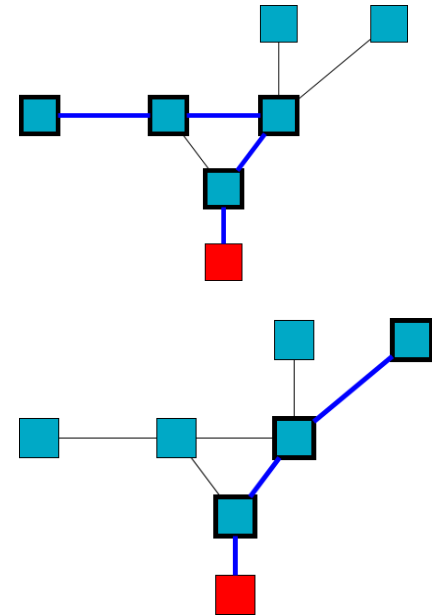
# Formulation chemin

## Génération de chemins

- En partant des points de présence
- Enumération exhaustive des chemins « courts »
- Enumération gloutonne des chemins « rentables »
- Coupe sur les boucles

## Modèle LocalSolver

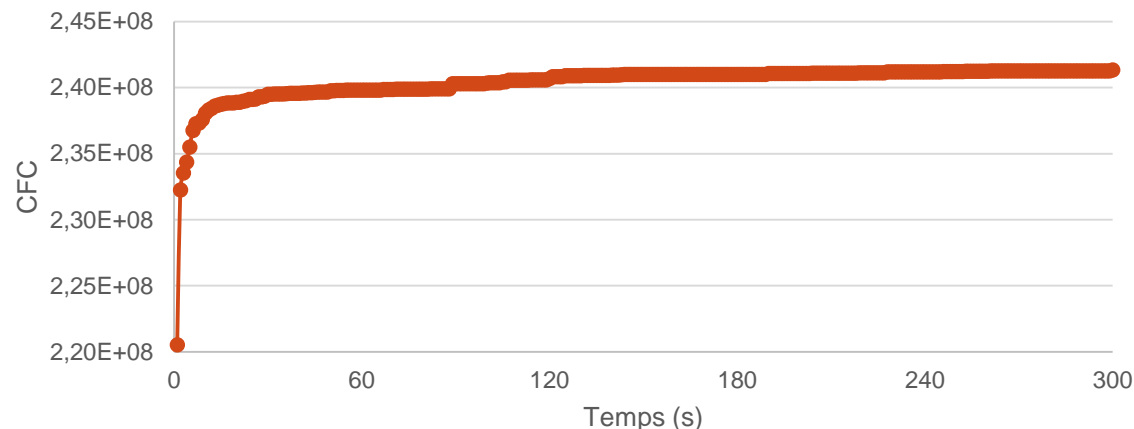
- $z_P = 1$ , si le chemin  $P$  est sélectionné (**décision**)
- $x_v = 1$ , si un chemin  $P$  contenant le nœud  $v$  est sélectionné (**expression**)
- $y_e = 1$ , si un chemin  $P$  contenant l'arête  $e$  est sélectionné (**expression**)
- Toutes les contraintes sont exprimables avec  $z, x, y$  (400 000 variables de décision et 1 400 000 expressions)



# Résultats

## Convergence rapide

- Les NRA de la solution à 600s sont sélectionnés en moins de 60s
- Amélioration du coût des arêtes



## GAP < 10% (calculé avec un solveur MIP)

- Modèle orienté avec pour variables  $x_v$  et  $y_e$
- Pas d'élimination de sous tour
- Borne très mauvaise



# Aller à l'optimum ?

## Confrontation avec la réalité

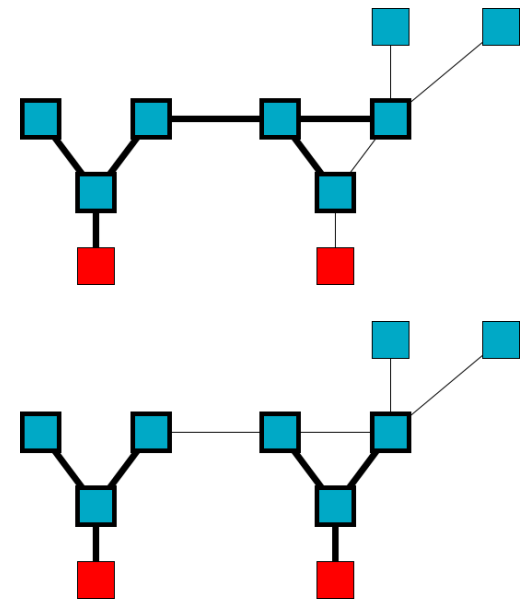
- Hypothèses économiques
- FT peut refuser des morceaux de solution et imposer les siennes



## Un problème mal posé

- Anticiper les développements futurs
- Ajouter de la robustesse avec des boucles

## Outil pour aider le métier



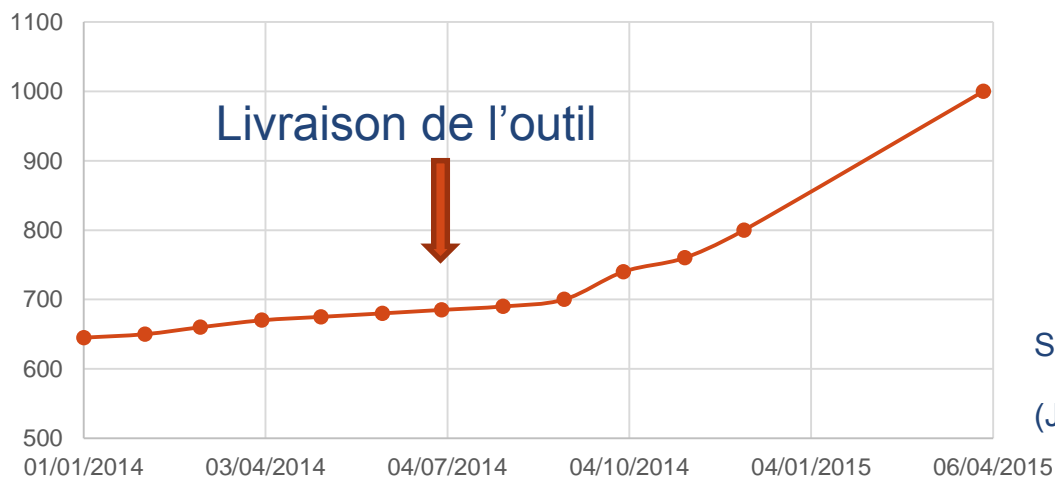
# Conclusion

## Intérêt scientifique

- Gros problème 14 000 nœuds, 180 000 arêtes => 1,4M variables
- Bonnes solutions en 1 minute et convergence en 10 minutes

## Intérêt opérationnel

- Bouygues Telecom +100 000 abonnés fixes / trimestre sur les 4 derniers trimestres
- 1000 NRAs dégroupés en avril 2015 (<http://blog.bouyguetelecom.fr>)



Source: degrounews.fr  
(Janvier 2015)





[www.innovation24.fr](http://www.innovation24.fr)