

Modélisation robuste du délai Internet et schémas de mesure intelligents pour l'automatisation des réseaux overlay

Présenté par

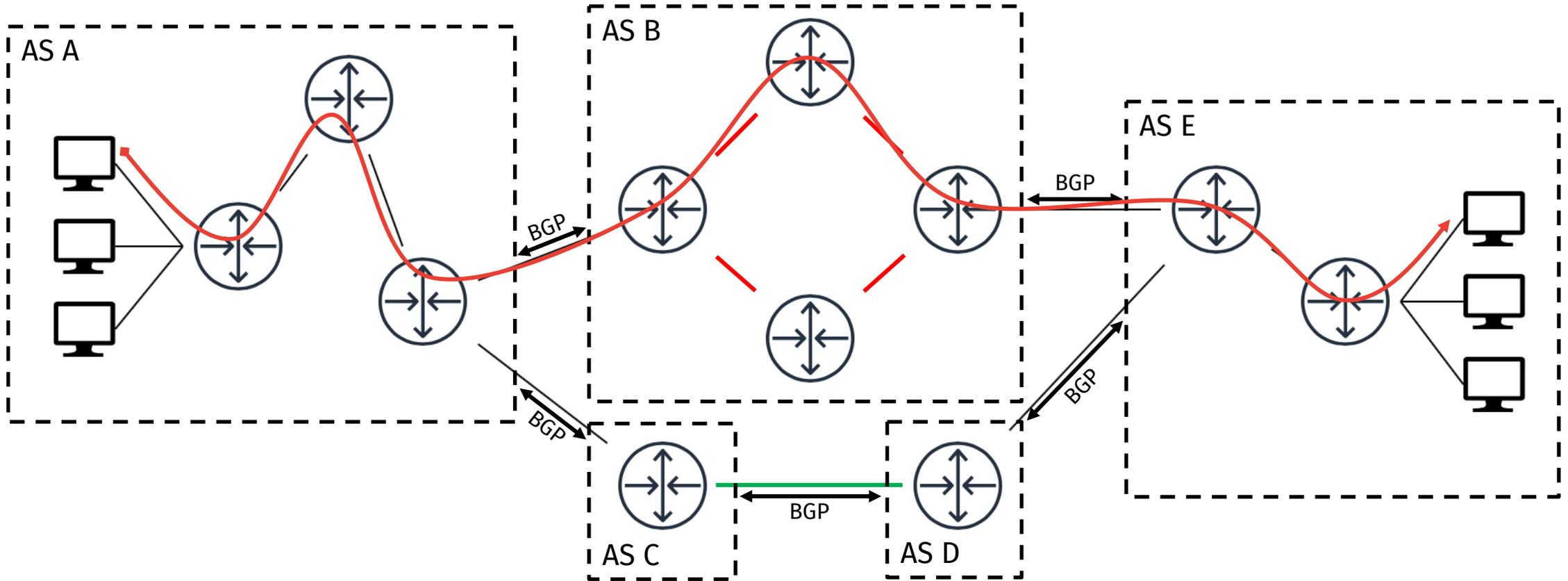
Maxime Mouchet, IMT Atlantique

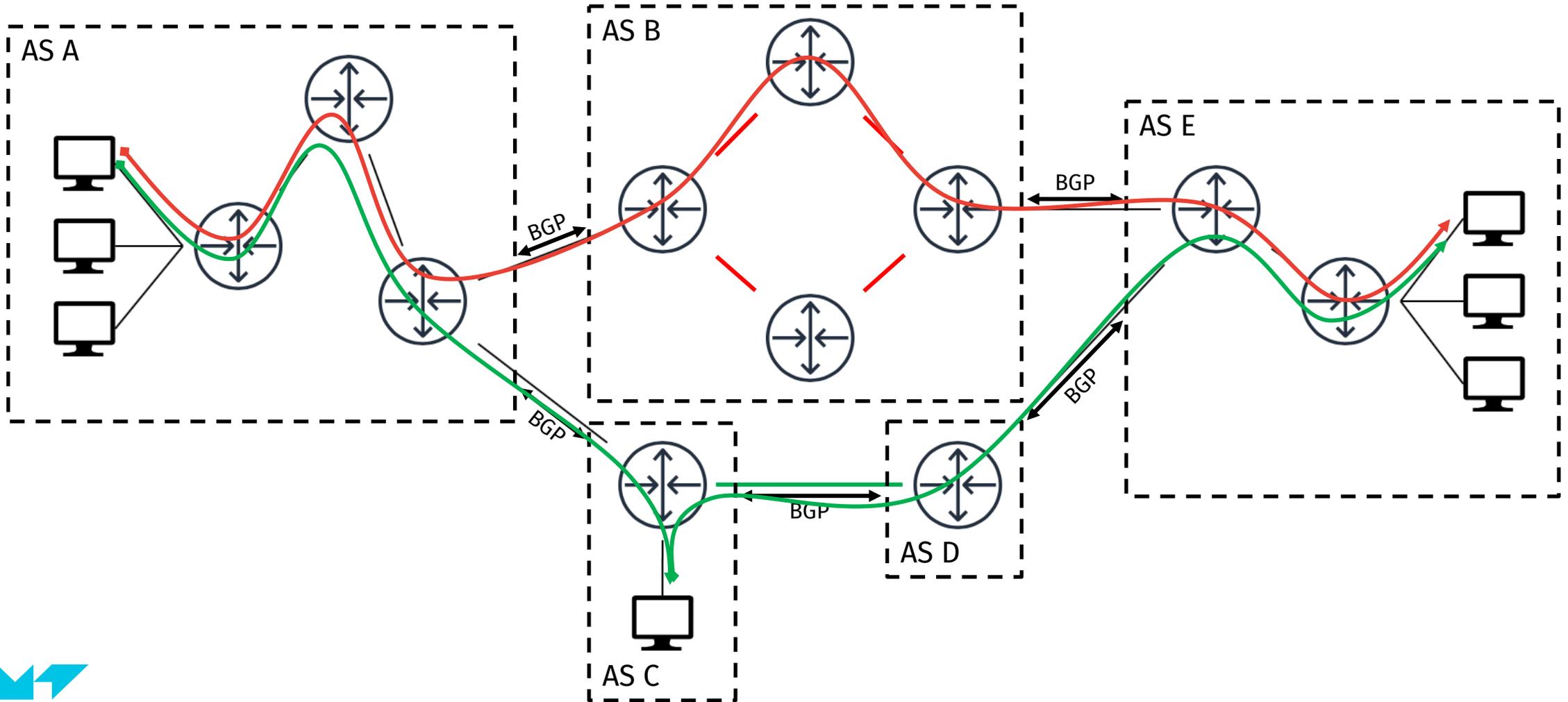
Directrice de thèse

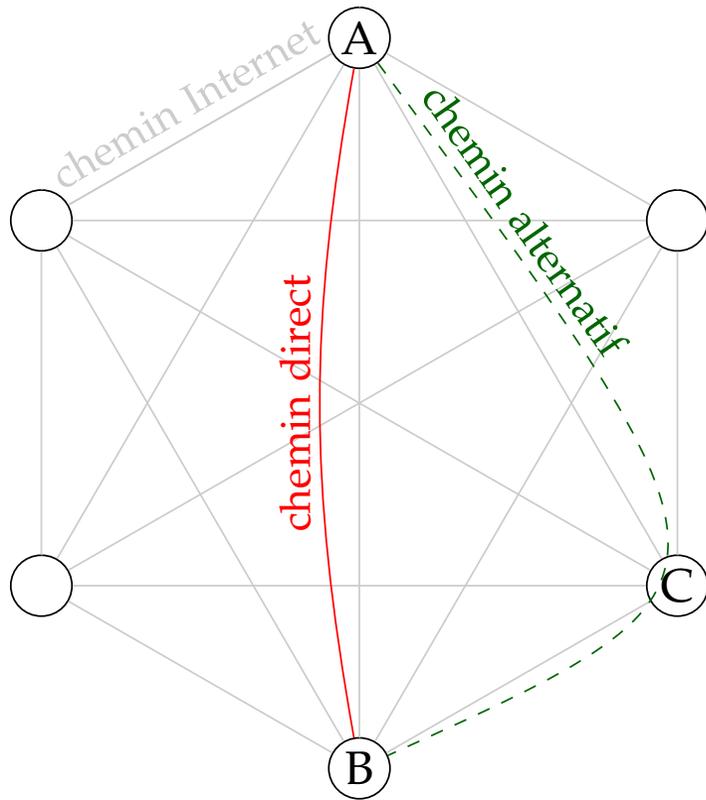
Sandrine Vaton, IMT Atlantique

Co-directeur de thèse

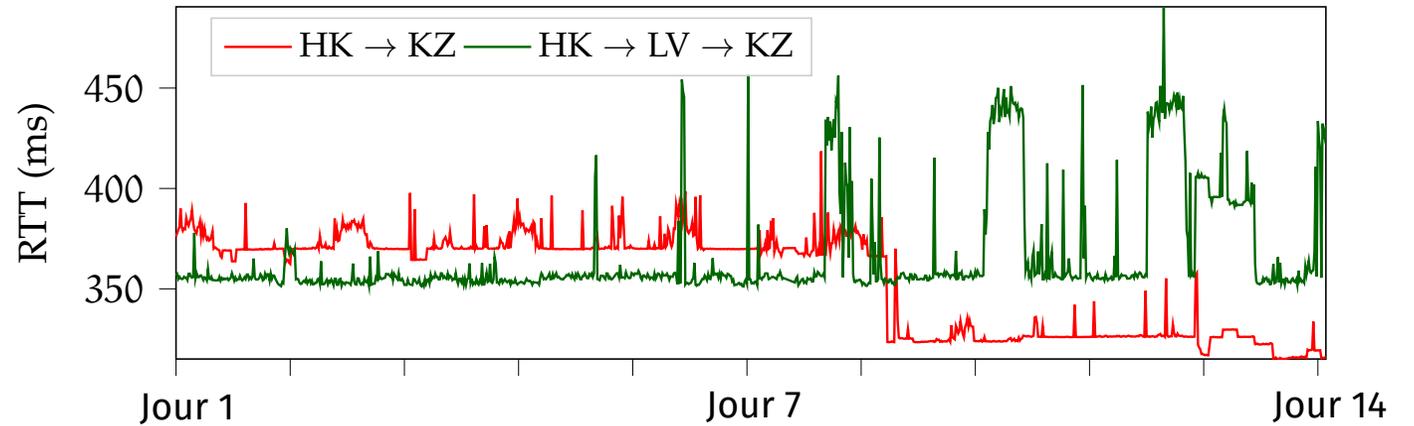
Thierry Chonavel, IMT Atlantique







n noeuds $\Rightarrow O(n^2)$ mesures



Quel chemin mesurer ? Quand mesurer ?

Modélisation du délai

Modèle de chaîne de Markov cachée *infinie*

Implémentation Julia et API RIPE Atlas

Détection de changements et d'anomalies

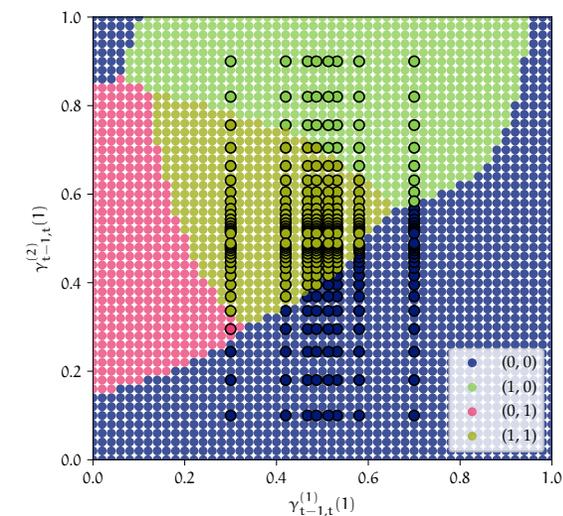
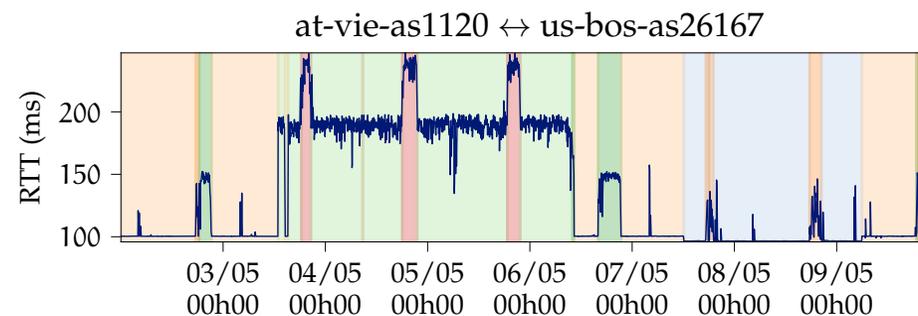
Autres résultats

Optimisation de la mesure

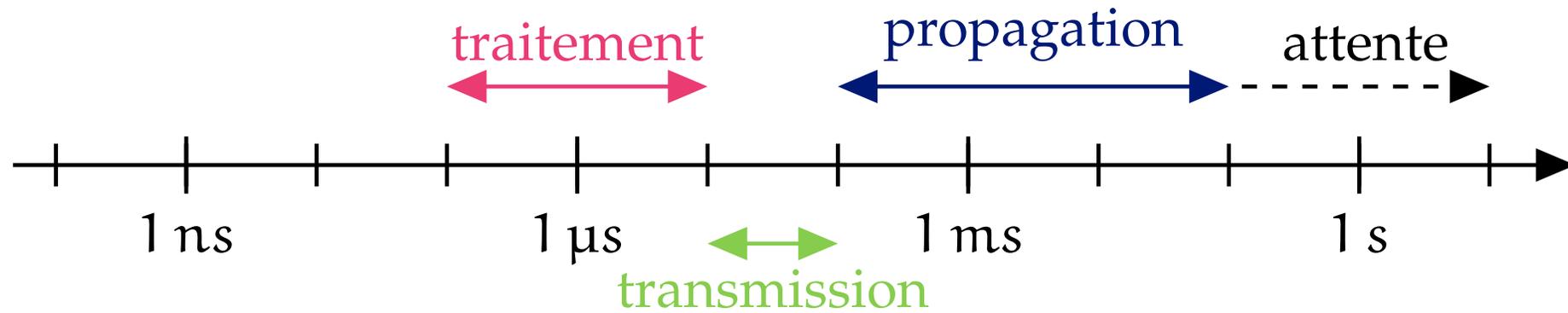
Compromis mesure / qualité de service

Politiques myope et MDP

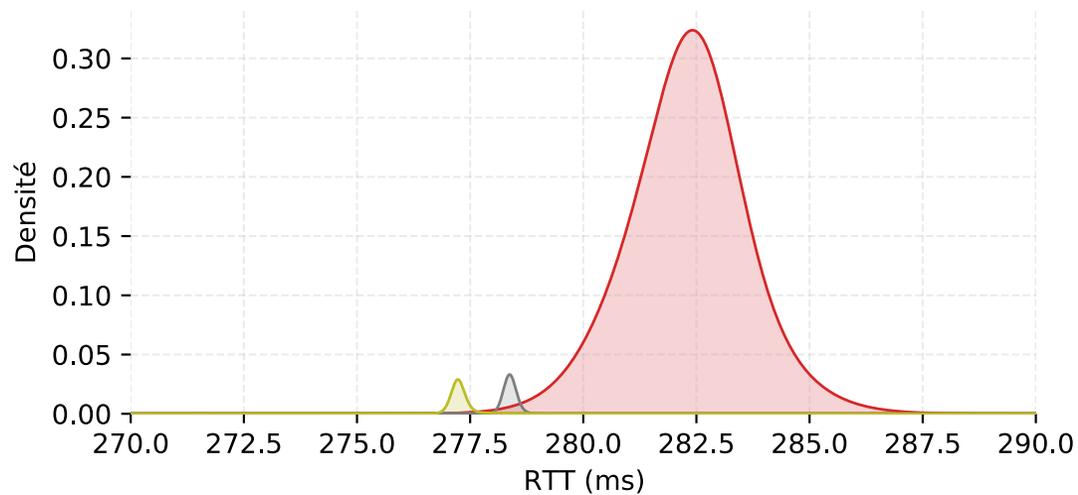
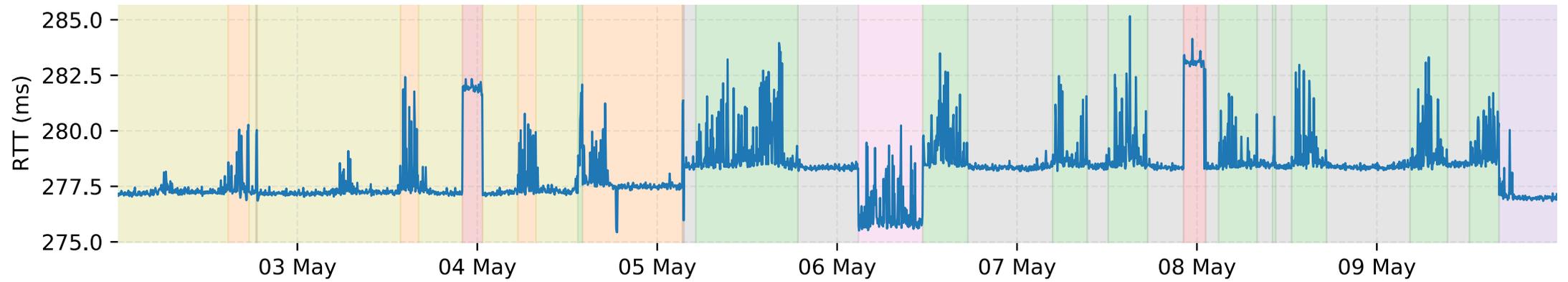
Approches heuristiques en ligne



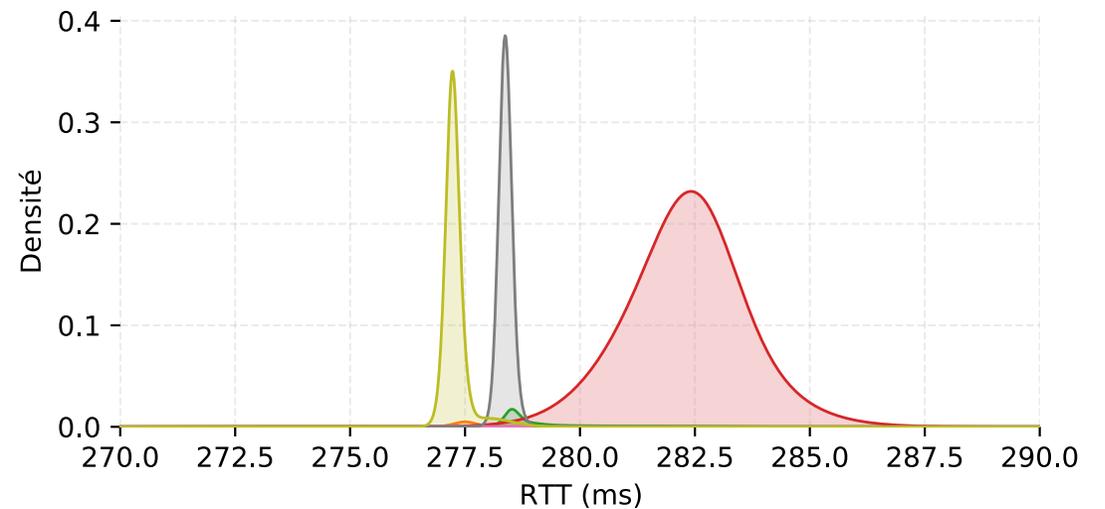
MODÉLISATION DU DÉLAI



at-vie-as1120.anchors.atlas.ripe.net - vn-sgn-as24176.anchors.atlas.ripe.net



Prédiction 1 pas en avant (4 minutes)



Prédiction 15 pas en avant (1 heure)

Notion d'états cachés

→ Le réseau peut se trouver dans plusieurs états (routage, trafic, etc.)

Prise en compte de la dépendance temporelle

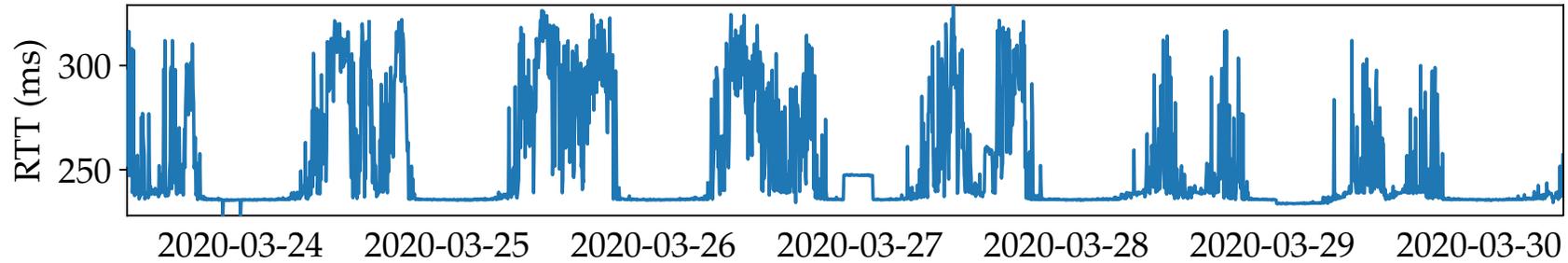
→ Le délai est stable au cours du temps

Prise en compte de la nouveauté

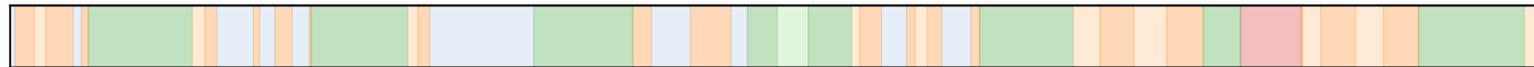
→ Le nombre d'états cachés est inconnu

Distribution quelconque des observations

→ Le délai peut suivre des distributions de probabilités différentes selon les états



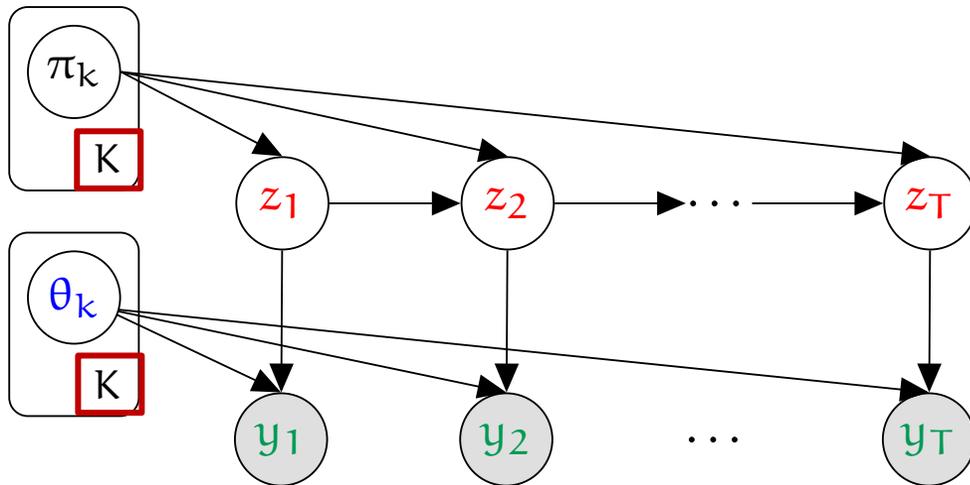
$y_{1:T}$



$z_{1:T}$

	1	2	3	4	5	6
1	.99500240026	...
2
3
4
5
6

π



z : état caché
 y : délai observé
 θ : paramètres des distributions de probabilité
 π : probabilité des états cachés

Inférence

$$y_{1:T} \rightarrow (z_{1:T}, \theta_{1:K}, \pi)$$

Échantillonnage de Gibbs

$$z_t^{(n)} \sim p(z_t \mid z_{t' \neq t}^{(n-1)}, \theta^{(n-1)}, \pi^{(n-1)}, y)$$

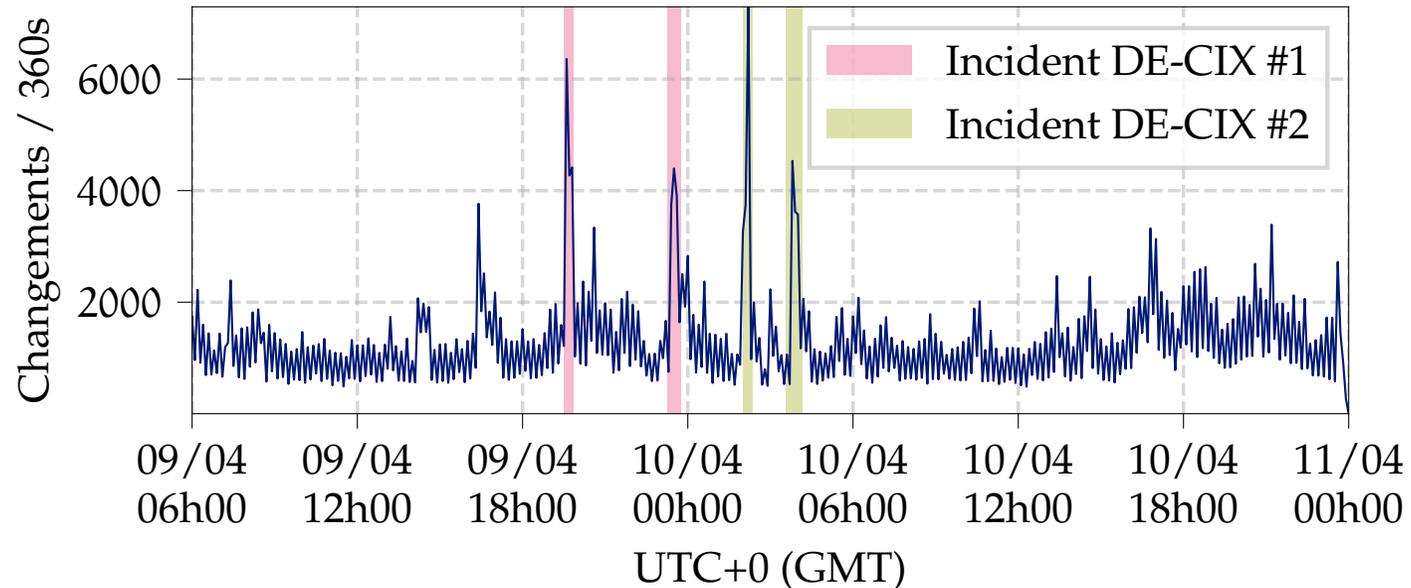
$$\theta_k^{(n)} \sim p(\theta_k \mid z^{(n)}, y)$$

$$\pi_k^{(n)} \sim p(\pi_k \mid z^{(n)})$$



3 changements synchronisés

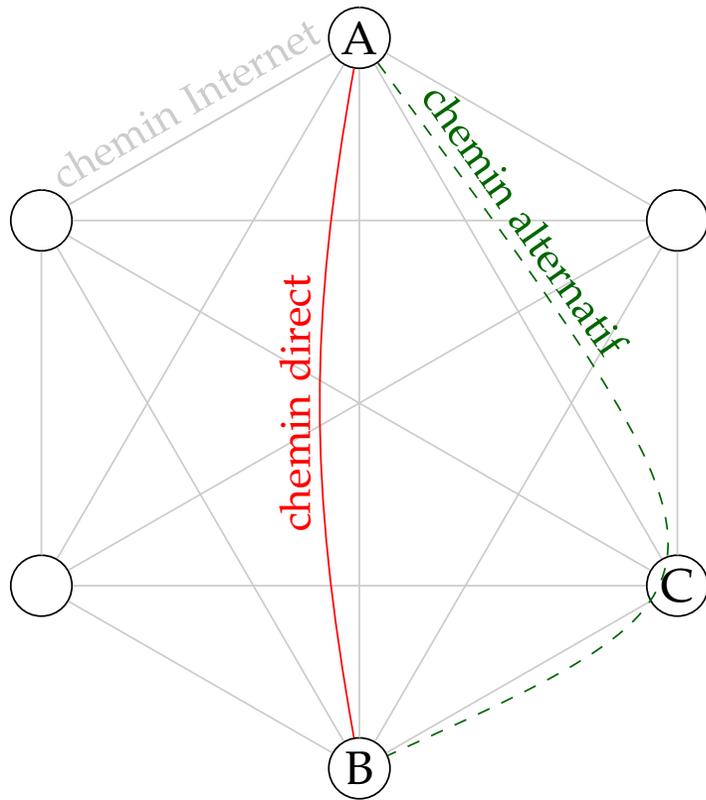
Incident ⇒ re-routage et/ou congestion ⇒ changement de délai ⇒ changement d'état



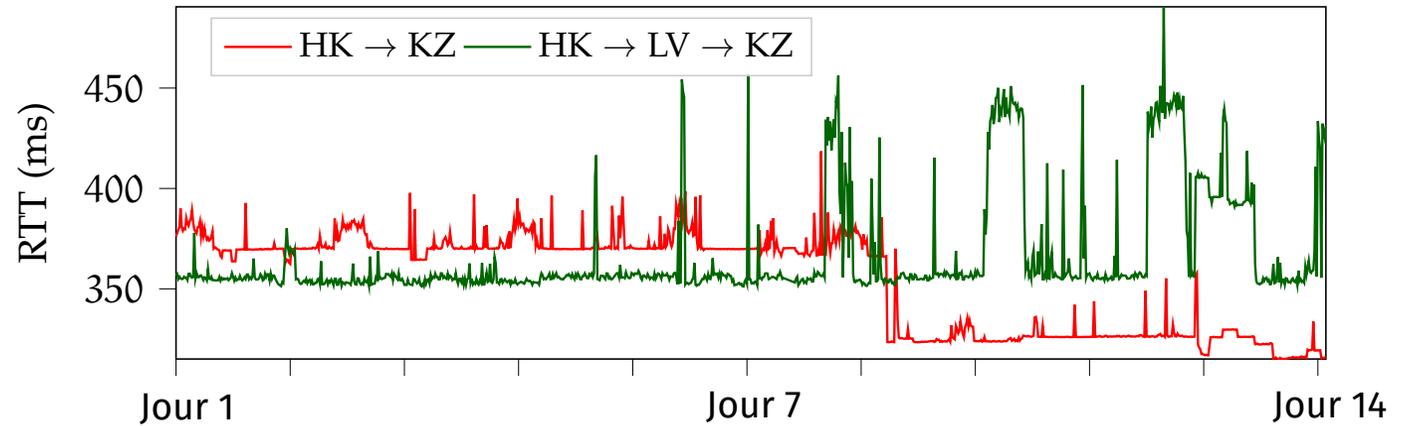
“[...] there were **2 separate outage events**. One from 19:30-23:30 on 9 April, the other from 02:00-04:00 on 10 April (all times UTC). [...] From the information we gathered, we think these are the times that many networks **lost connectivity to the DE-CIX route-servers** [...]”

<https://labs.ripe.net/Members/emileaben/does-the-internet-route-around-damage-in-2018>

OPTIMISATION DE LA MESURE



n noeuds $\Rightarrow O(n^2)$ mesures



Quel chemin mesurer ? Quand mesurer ?

État du système

Croyance sur les états du réseau, sur la base des mesures passées

Choix du chemin

Chemin de délai minimal espéré d'après notre croyance sur l'état du réseau

Fonction de coût

= délai du chemin choisi + coût de mesure

Politique

État du système \Rightarrow quels chemins mesurer (le cas échéant)

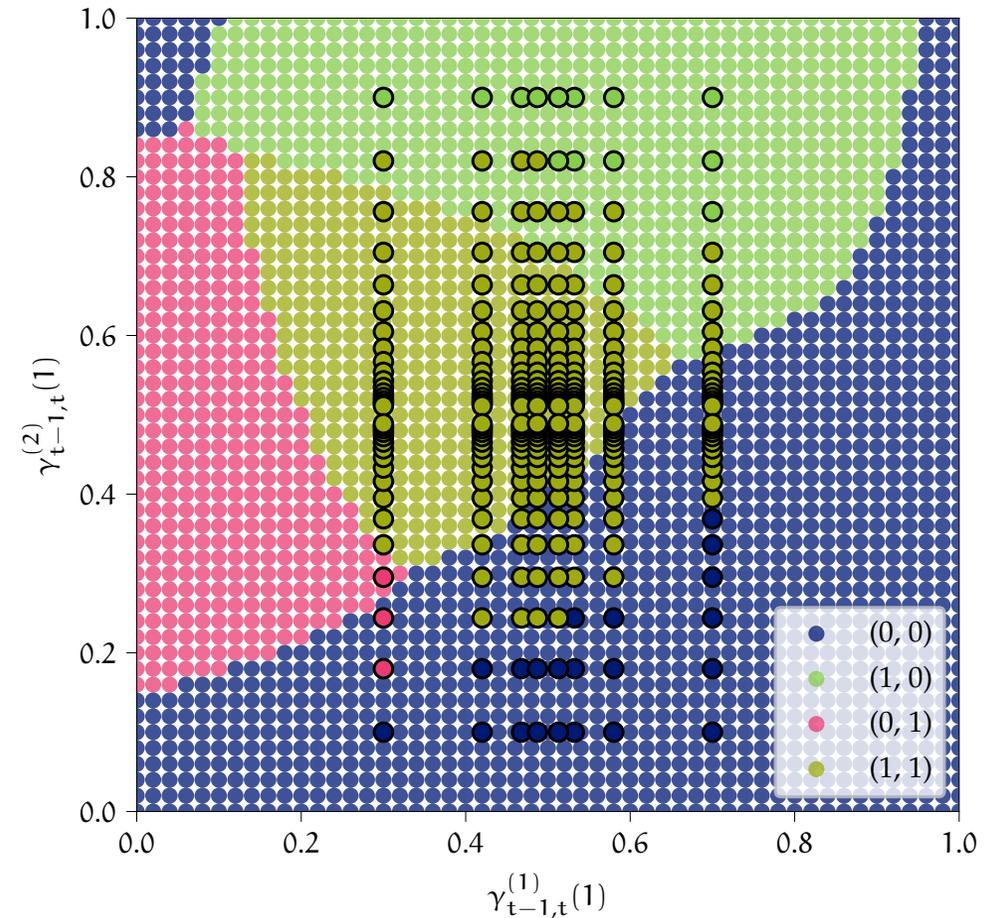
Politique optimale

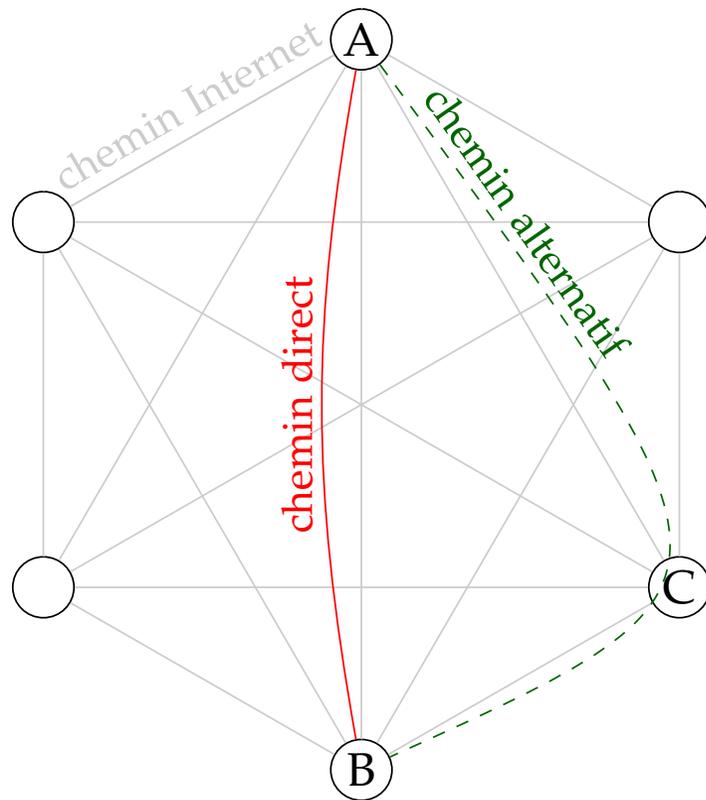
Politique qui minimise la fonction de coût sur un horizon de temps donné

1 pas en avant \Rightarrow solution en forme close pour la politique, dans le cas de 2 chemins à 2 états.

Horizon infini \Rightarrow solution MDP (*Markov Decision Process*) pour un nombre quelconque de chemins et d'états.

Facteur d'amortissement : $0 < \rho < 1$





	Routage statique		Routage optimisé	
	Direct	Alternatif	Toujours	MDP $\rho = 0.9$
Mesures	0	0	2	0.12
Délai opt. (%)	73	27	82	80
Écart délai opt. (ms)	2.02	5.9	0.34	0.6

30 nœuds : 5 sondes RIPE Atlas sur chacun des 6 continents Chemin optimal = $\min(\text{direct}, \text{alternatif})$
=> ~450 paires origine-destination

Modélisation du délai

Première application du HDP-HMM
aux mesures de délai
Validation du modèle sur une grande
variété de mesures réelles
API de segmentation intégrée à RIPE
Atlas
Modèle applicable à la détection
d'anomalies sur Internet

Optimisation de la mesure

Formulation et résolution du
problème MDP
Solutions en forme close
Solutions heuristiques
Simulation avec des mesures réelles
de délai : réduction de 95% du coût
de mesure

Journaux

« **Large-Scale Characterization and Segmentation of Internet Path Delays with Infinite HMMs** ».

IEEE Access 8 (jan. 2020)

« **Joint Minimization of Monitoring Cost and Delay in Overlay Networks : Optimal Policies with a Markovian Approach** ».

Journal of Network and Systems Management 27.1 (jan. 2019)

Conférences avec actes

« **Scalable Monitoring Heuristics for Improving Network Latency** ».

IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium (IEEE/IFIP NOMS 2020).

« **Statistical Characterization of Round-Trip Times with Nonparametric Hidden Markov Models** ».

IFIP/IEEE IM 2019 Workshop : 4th International Workshop on Analytics for Network and Service Management (AnNet 2019).

« **Poster Abstract : A flexible infinite HMM model for accurate characterization and segmentation of RTT timeseries** ».

IEEE INFOCOM 2019 - IEEE Conference on Computer Communications Workshops.

« **Optimisation conjointe de la métrologie active et du routage : une approche markovienne** ».

CoRes 2018.

Conférences sans actes

« **Integrate Julia and Javascript using Node.js extensions** »

JuliaCon 2020

<https://live.juliacon.org/talk/Q88P8U>

« **Statistical models for RTTs** »

Neutral Interconnect Days 2019.

« **Learning network states from RTT measurements** »

RIPE 77

<https://ripe77.ripe.net/archives/video/2250/>

Articles de blog

« **An API for Summarising Events in RIPE Atlas RTT Time Series** »

RIPE Labs

https://labs.ripe.net/Members/maxime_mouchet/api-for-summarising-events-in-ripe-atlas-rtt-time-series

« **Statistical Characterisation of RTT Series** »

RIPE Labs

https://labs.ripe.net/Members/maxime_mouchet/statistical-characterisation-of-rtt-series

Apprentissage en ligne

Analyse automatique des données des plateformes de mesure

Utilisation d'autres métriques

Simplification du modèle

QUESTIONS ?