

# Gestion et optimisation en temps réel des patients en radiothérapie

**Nadia Lahrichi**

Journées québécoises de valorisation des données



# Équipe

Centre de santé et de services sociaux  
de Laval



- Professeurs

- Nadia Lahrichi
- Louis-Martin Rousseau

- Étudiants

- Étienne Beauchamp
- Dina Bentayeb
- Yosra El Abed
- Antoine Legrain
- Mehdi Taobane

- Partenaire

- Le Centre Intégré de Cancérologie de Laval
  - Dr Marie-Andrée Fortin
  - Marie-Pier Chagnon
  - Fadi Homeida
  - Bruno Carroza

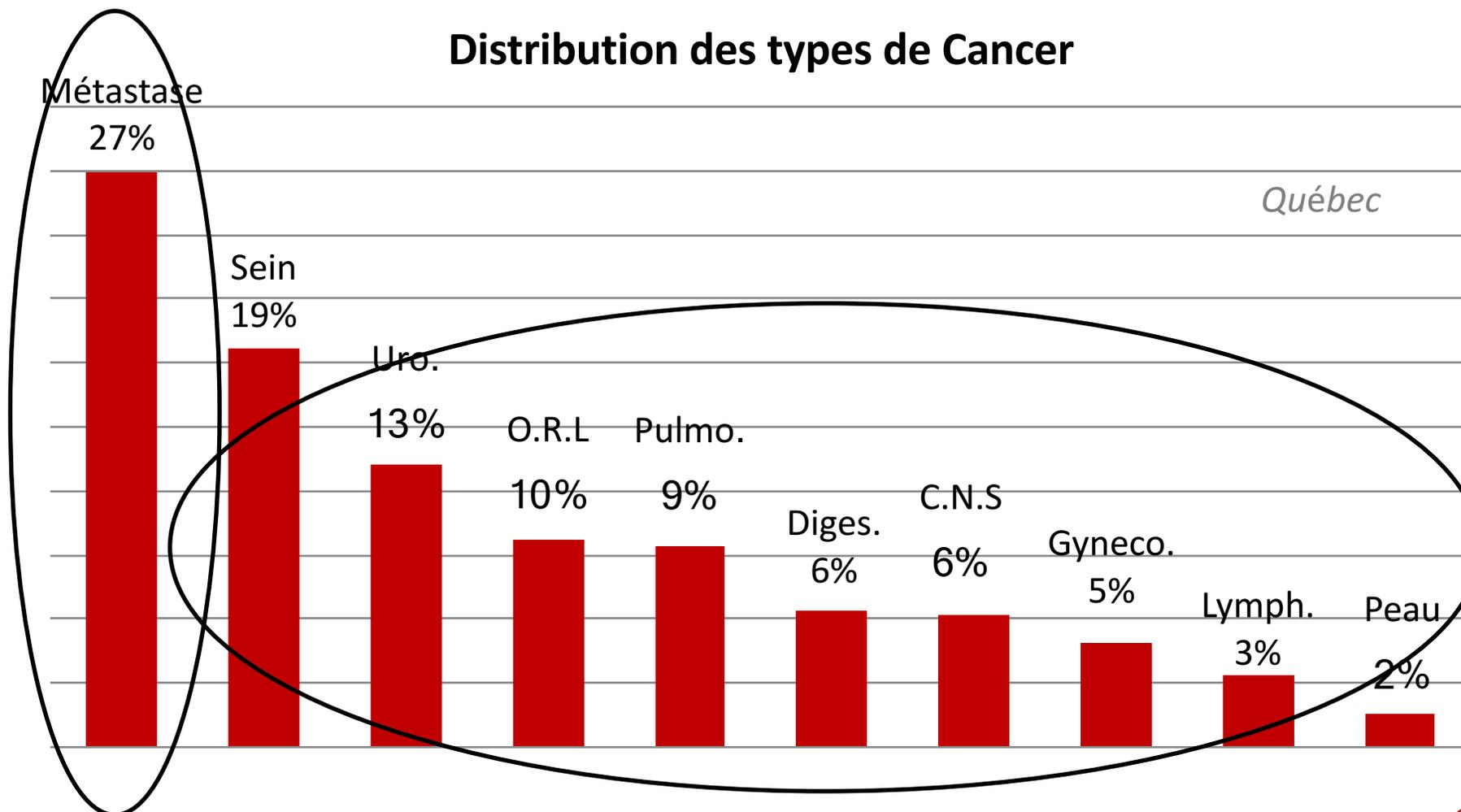


# Défis

## *I. Volume de la demande*

- Augmentation nouveaux cas cancer:
  - 2% par an sur les 10 dernières années
  - Vieillesse population
  - Croissance démographique
  
- Responsable de 30% des décès au Canada
  
- 2 types de Patients:
  - Curatif: objectif est la guérison
  - Palliatif: objectif atténuer la douleur

## Distribution des types de Cancer



CHAIRE DE RECHERCHE DU CANADA EN  
ANALYTIQUE ET LOGISTIQUE DE SOINS DE SANTÉ

**HANALOG**



**POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL**

LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE



**CIRRELT**

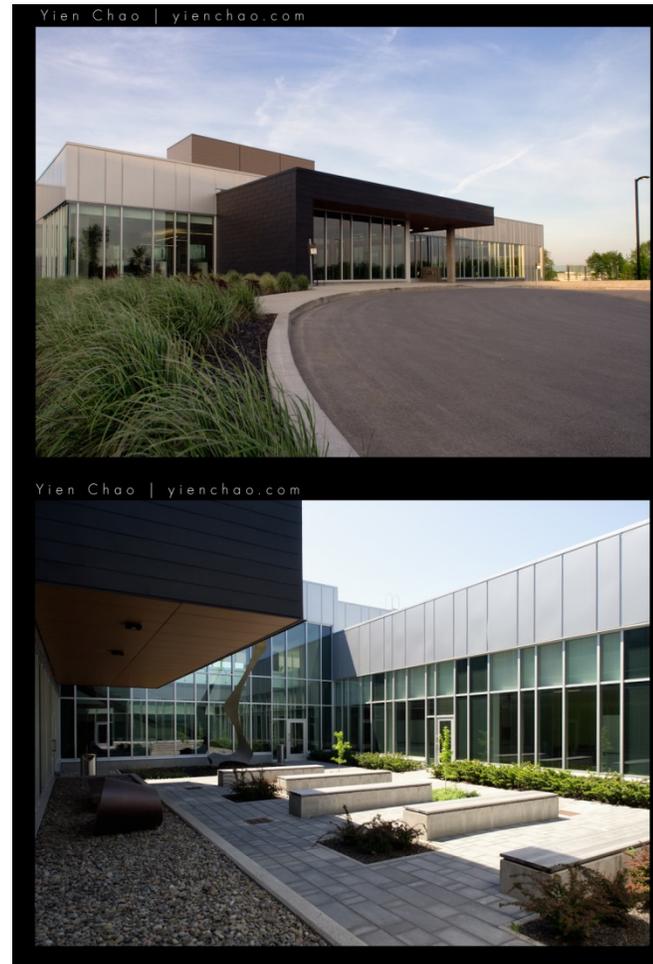
# Défis

## *II. Accès et respect des délais*

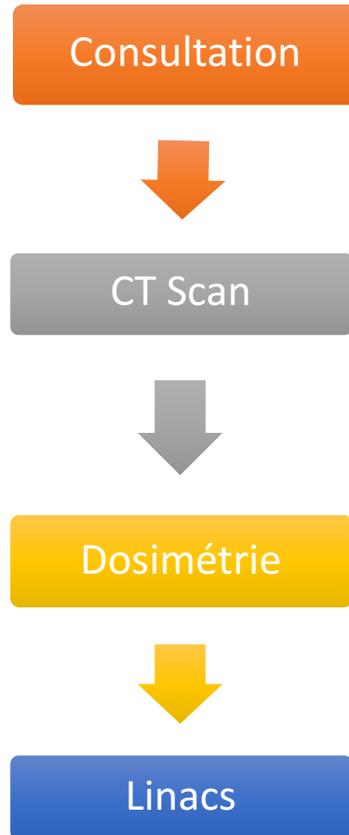
- Ministère de la Santé et des Services Sociaux
  - 90% des patients traités en moins de 28 jours
- Collège des Médecins:
  - Palliatif: 3 jours
  - Curatif: 14 ou 28 jours
- Équipe médicale détermine:
  - l'urgence du traitement,
  - la durée,
  - le type,
  - le nombre et
  - la fréquence des traitements

# Le cas du CICL

- Fonctionnement:
  - Sans papier
  - Standardisation des processus
- MosaiQ (Elekta)
  - Données historiques
  - Suivi informatique de chaque patient



# Trajectoire patient



## LINACS

- Plages de 20 min
- Ajout de plages en heures supplémentaires:
  - 3 plages/linac et /jour
  - 5 plages/linac et /semaine
- Curatif:
  - Un traitement/jour à la même heure
- Palliatif:
  - Un traitement/jour dès que possible



CHAIRE DE RECHERCHE DU CANADA EN  
ANALYTIQUE ET LOGISTIQUE DE SOINS DE SANTÉ

**HANALOG**



**POLYTECHNIQUE  
MONTREAL**

LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE



**CIRRELT**

# Problématique d'ensemble

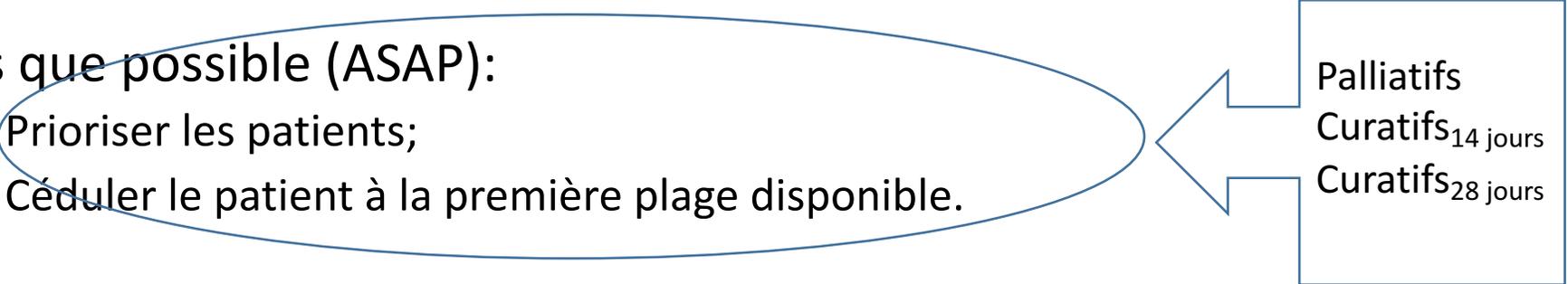
- Améliorer l'accès au service
- Réduire les temps d'attente
- Améliorer la fluidité du flot interne

# Deux projets principaux

- Utilisation de la demande “future” pour optimiser la gestion des rendez-vous sur les machines de traitement
- Analyse des données pour prédire la durée réelle de traitement sur les machines

# Projet I – Planification et optimisation en temps réel des patients

- Procédures
  - Juste à temps:
    - Prioriser les patients;
    - Céduler le patient à son délai maximum.
  - Dès que possible (ASAP):
    - Prioriser les patients;
    - Céduler le patient à la première plage disponible.



Palliatifs  
Curatifs<sub>14 jours</sub>  
Curatifs<sub>28 jours</sub>

Ref: Petrovic S. et al, *Algorithms for radiotherapy treatment booking*.  
Proceedings of the International Control Systems Engineering Conference, 2006



CHAIRE DE RECHERCHE DU CANADA EN  
ANALYTIQUE ET LOGISTIQUE DE SOINS DE SANTÉ

**HANALOG**



**POLYTECHNIQUE  
MONTREAL**

LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE



**CIRRELT**

# Notre Approche: algorithme clairvoyant

- Optimisation stochastique et en temps réel
  - Optimisation stochastique:
    - Estimer le coût dans le futur de notre décision actuelle
    - Ref: Bertsekas D. P., *Dynamic programming and stochastic control*
  - Optimisation en temps réel:
    - Prendre une décision irrévocable par la suite
    - Contexte où les patients arrivent un par un
    - Ref: Buchbinder N. et al, *Online Primal-Dual Algorithms for Maximizing Ad-Auctions Revenue*

# Optimisation en temps réel (*online*)

- À chaque arrivée de patient

- Générer le futur



- Optimiser l'ordonnancement

- Garder les décisions pour le patient 0



CHAIRE DE RECHERCHE DU CANADA EN  
ANALYTIQUE ET LOGISTIQUE DE SOINS DE SANTÉ

**HANALOG**



**POLYTECHNIQUE  
MONTREAL**

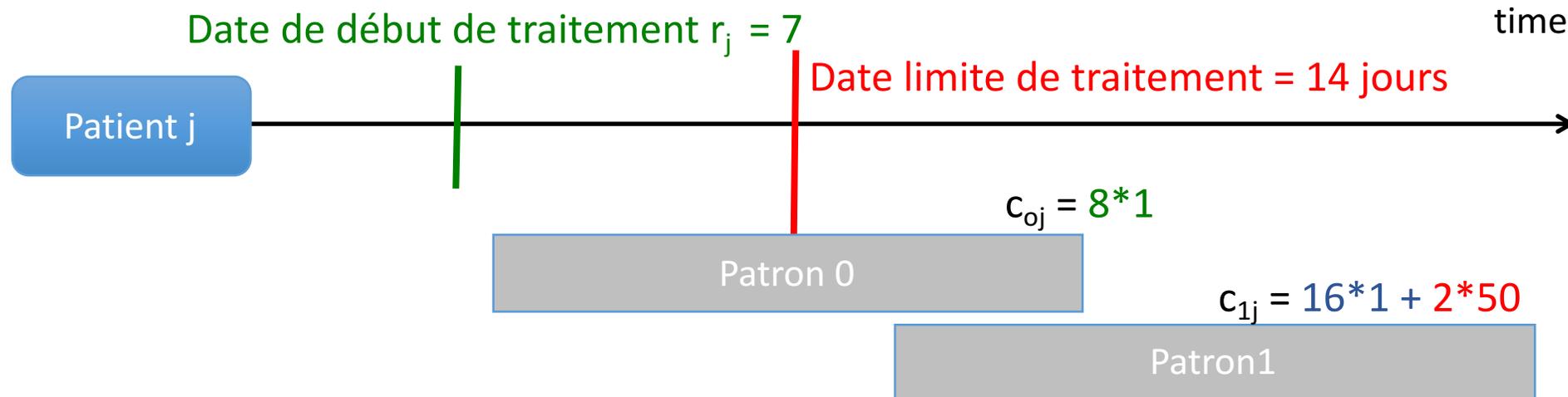
LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE



**CIRRELT**

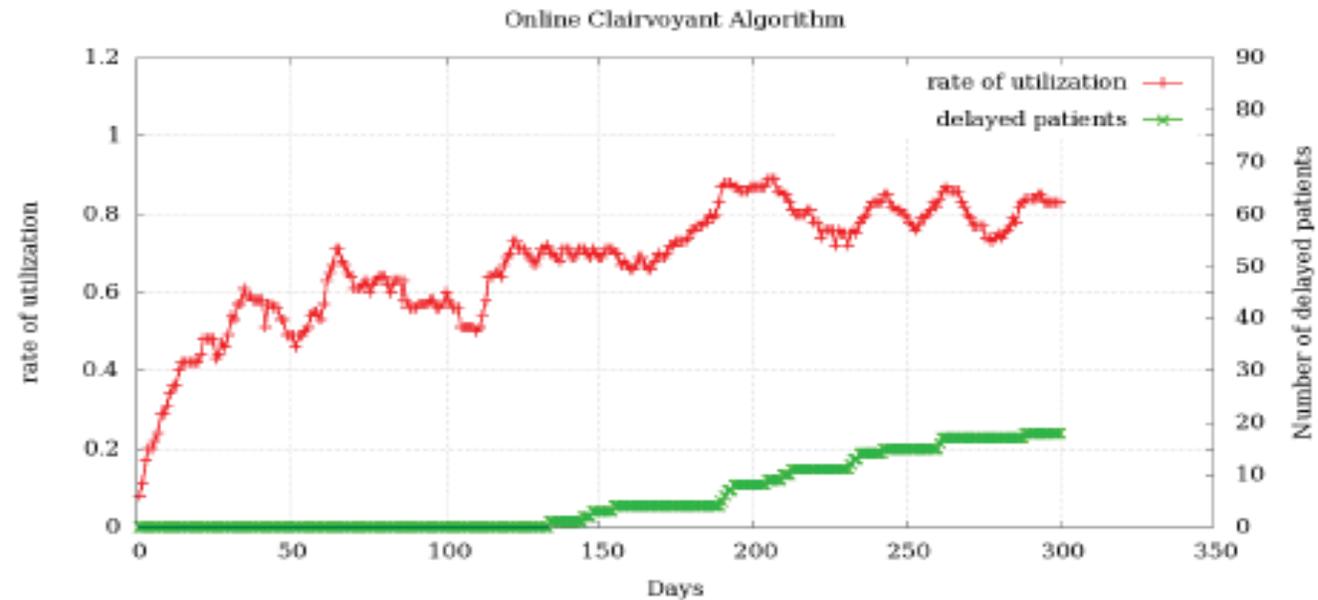
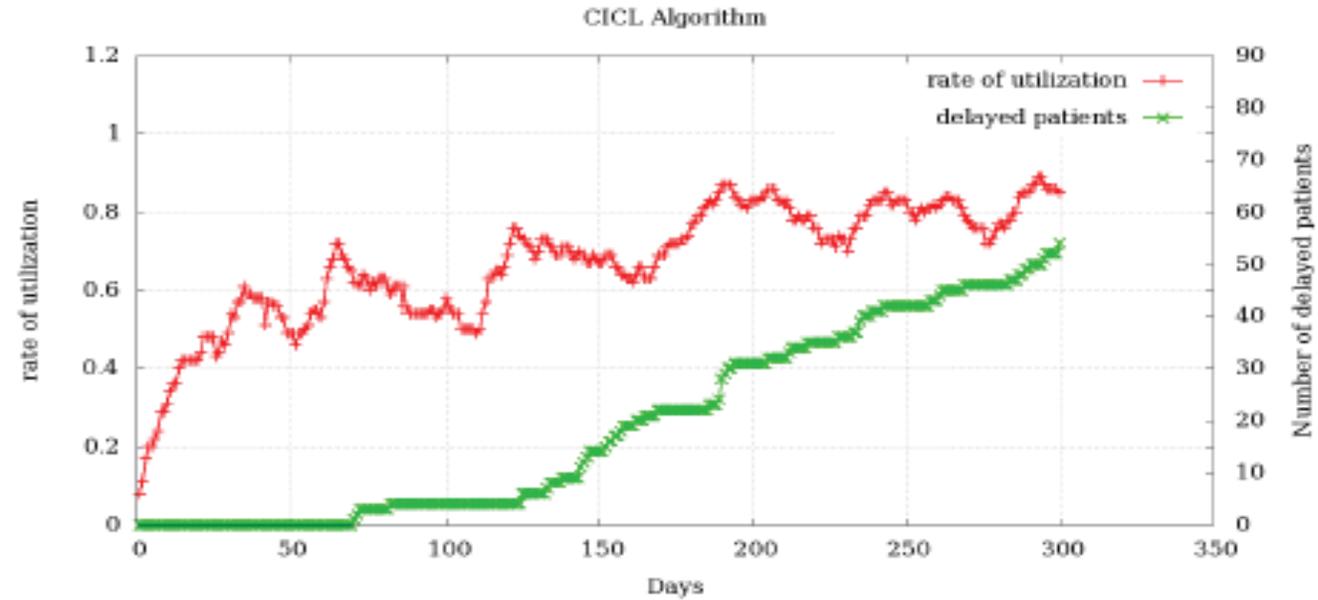
# Optimisation Stochastique - Modélisation

- Pour chaque patient  $j$  :
  - Générer des patrons  $i$
  - Coût  $c_{ij}$



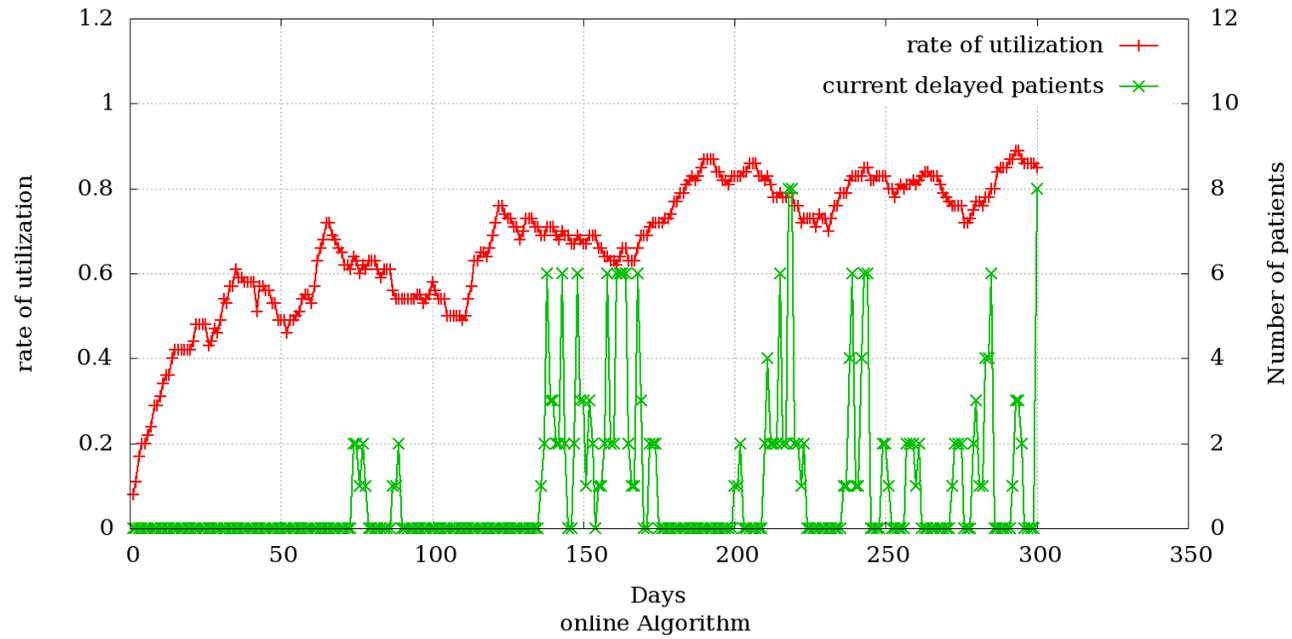
- Ressource : plages par jour et par linac:  $F_k^m (=29)$

# Résultats – Réduction du nombre de patients en retard

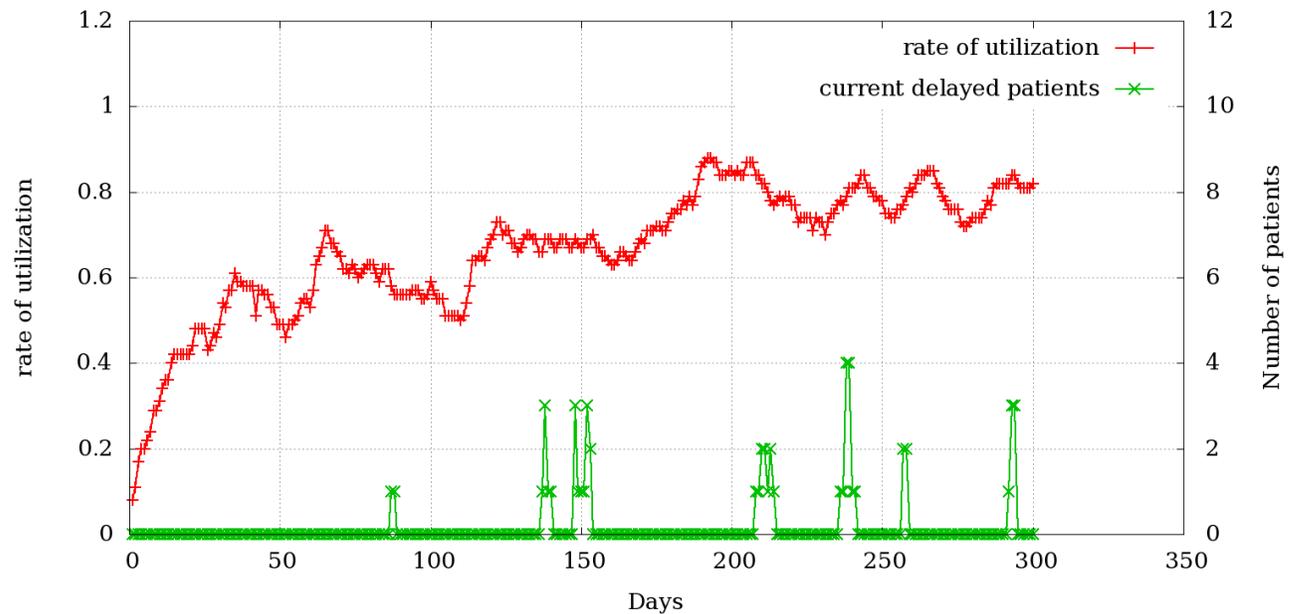


# Résultats – Réduction du nombre de patients en retard

CICL Algorithm



online Algorithm



# Résultats – Distribution de l'attente alignée avec les délais

Instance 1	159 patients			74 jours				23 plages
	Attente maximale			Délai d'attente moyen			Taux	Temps supplémentaire
	>3	>14	>28	Palliatif	Curratif1	Curratif2		
CICL	6	16	0	1,11	16,32	14,23	82,2%	1
Online clairvoyant	4	6	0	0,57	10,24	16,03	81,5%	2
OFFLINE	0	0	0	0,00	7,12	14,42	82,6%	0

Instance 2	181 patients			77 jours				29 plages
CICL	15	4	0	1,78	9,19	8,65	70,6%	13
Online clairvoyant	5	0	0	0,78	8,54	9,98	70,8%	0
OFFLINE	0	0	0	0,00	7,13	10,14	70,8%	0



CHAIRE DE RECHERCHE DU CANADA EN  
ANALYTIQUE ET LOGISTIQUE DE SOINS DE SANTÉ

**HANALOG**



**POLYTECHNIQUE  
MONTREAL**

LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE



**CIRRELT**

# Résultats – Distribution du nombre de jours de retard

## Online

Nombre de jours de retard	1	2	3	4	5	Moyenne
Palliatif	2	3	3	2	0	2,5
Curatif 1	1	1	0	0	1	2,7
Curatif 2	0	0	0	0	0	0,0

## CICL

Palliatif	6	5	9	12	0	2,8
Curatif 1	6	1	4	1	8	3,2
Curatif 2	2	0	0	0	0	1,0



CHAIRE DE RECHERCHE DU CANADA EN  
ANALYTIQUE ET LOGISTIQUE DE SOINS DE SANTÉ

**HANALOG**



**POLYTECHNIQUE  
MONTREAL**

LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE



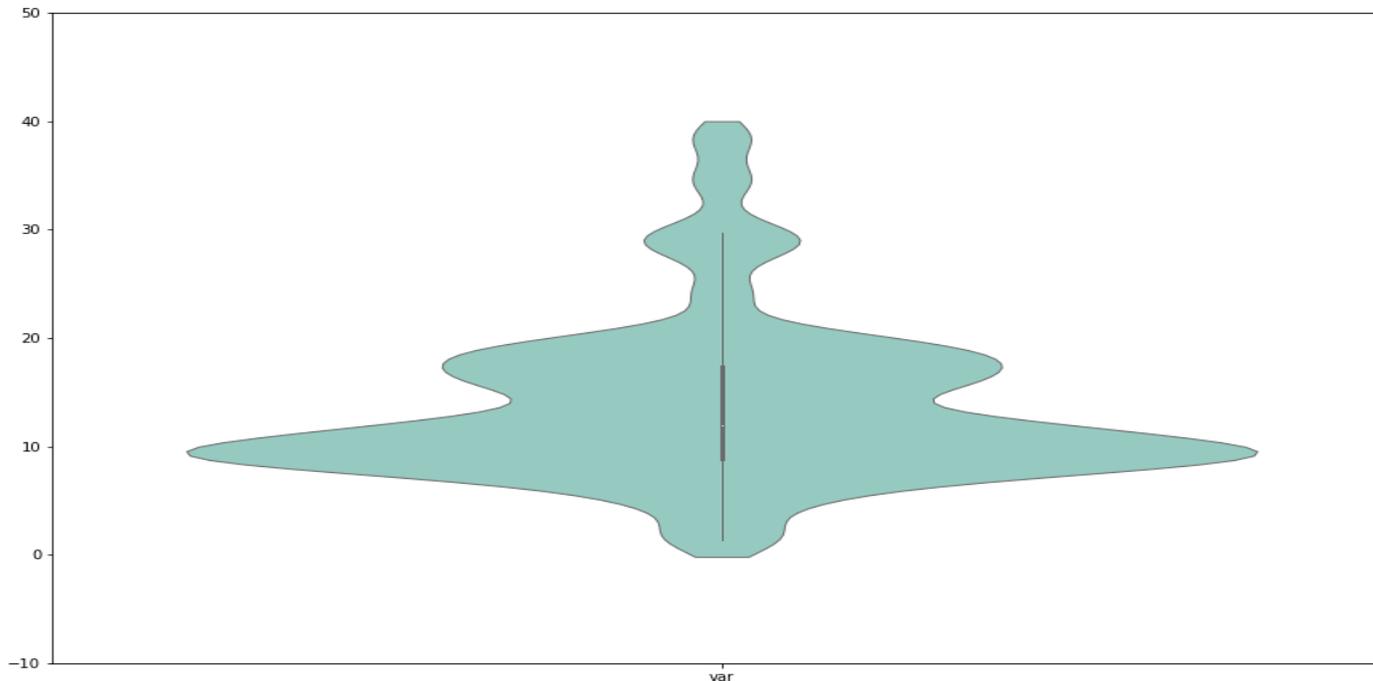
**CIRRELT**

# Résultats – Distribution des patients en retard en fonction du jour d'arrivée

	Online					Total
	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	
Palliatif	0	1	2	2	5	10
Curatif 1	0	1	1	1	0	3
Curatif 2	0	0	0	0	0	0
	CICL					
Palliatif	4	6	8	6	8	32
Curatif 1	4	3	4	4	5	20
Curatif 2	0	0	0	0	2	2

# Projet II – Prédiction de la durée réelle de rendez-vous

- Le temps de traitement moyen dans le centre de radiothérapie



CHAIRE DE RECHERCHE DU CANADA EN  
ANALYTIQUE ET LOGISTIQUE DE SOINS DE SANTÉ

**HANALOG**



**POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL**

LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE

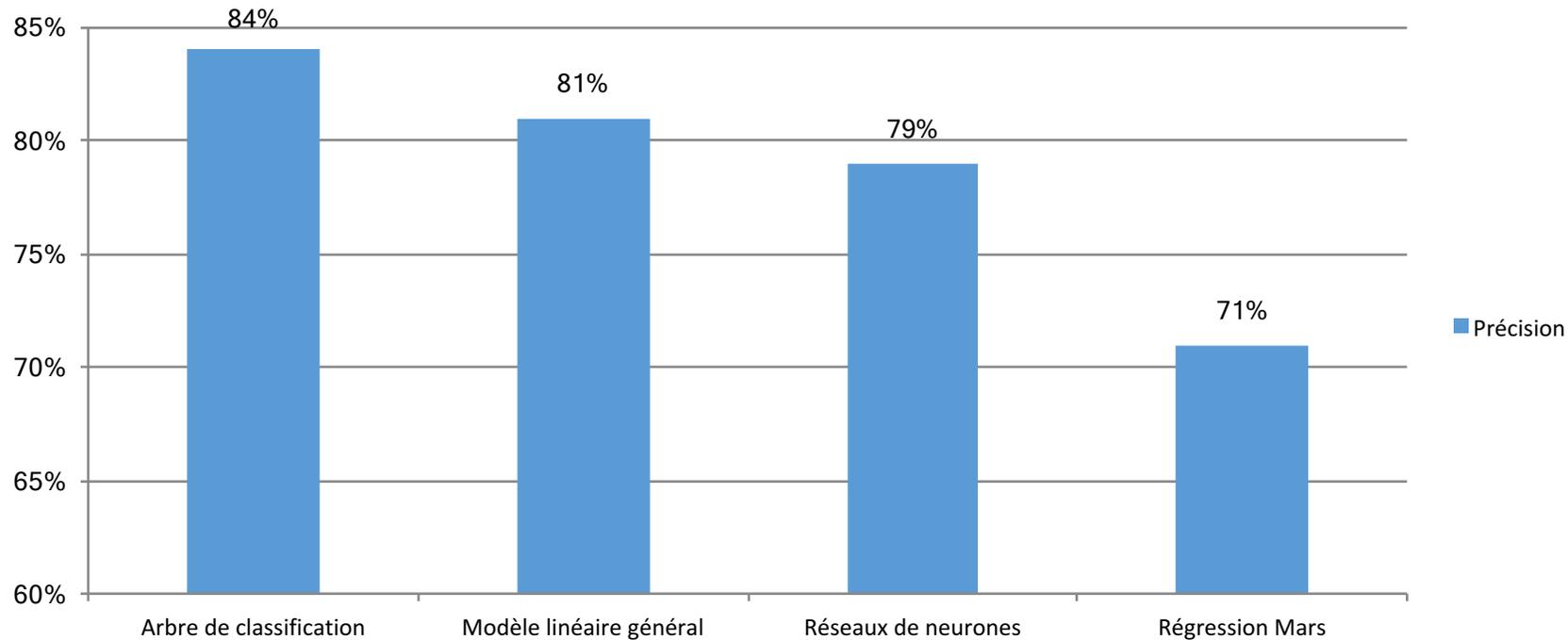


**CIRRELT**

# Idée: catégorisation du temps de traitement

- 5 min
- 10 min
- 15 min
- 20 min
- 25 min

# Performance des modèles prédictifs du temps de traitement en radiothérapie:



CHAIRE DE RECHERCHE DU CANADA EN  
ANALYTIQUE ET LOGISTIQUE DE SOINS DE SANTÉ

**HANALOG**



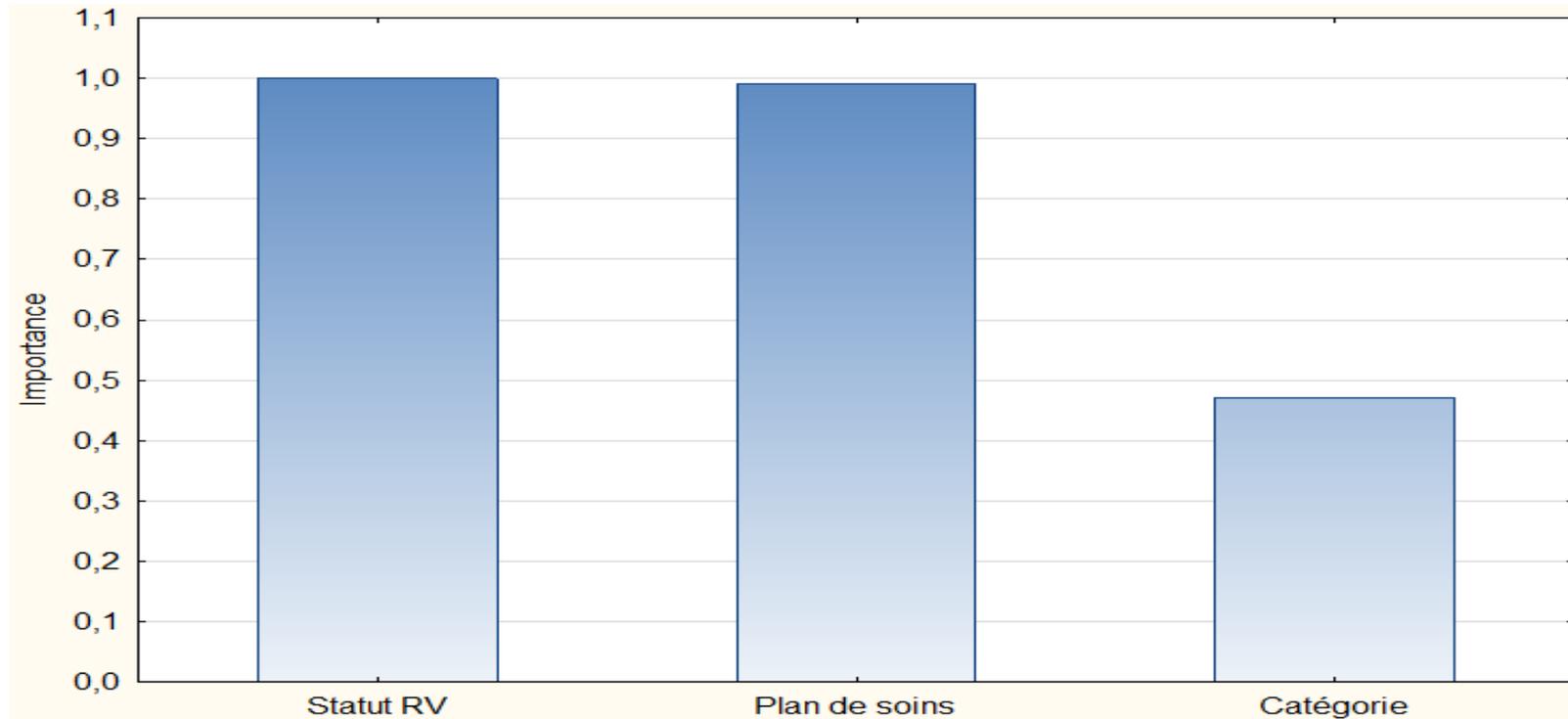
**POLYTECHNIQUE  
MONTREAL**

LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE



**CIRRELT**

# Importance des variable pour le cas du CICL



CHAIRE DE RECHERCHE DU CANADA EN  
ANALYTIQUE ET LOGISTIQUE DE SOINS DE SANTÉ

**HANALOG**



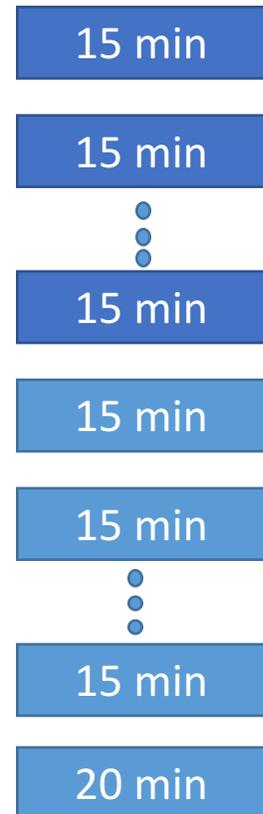
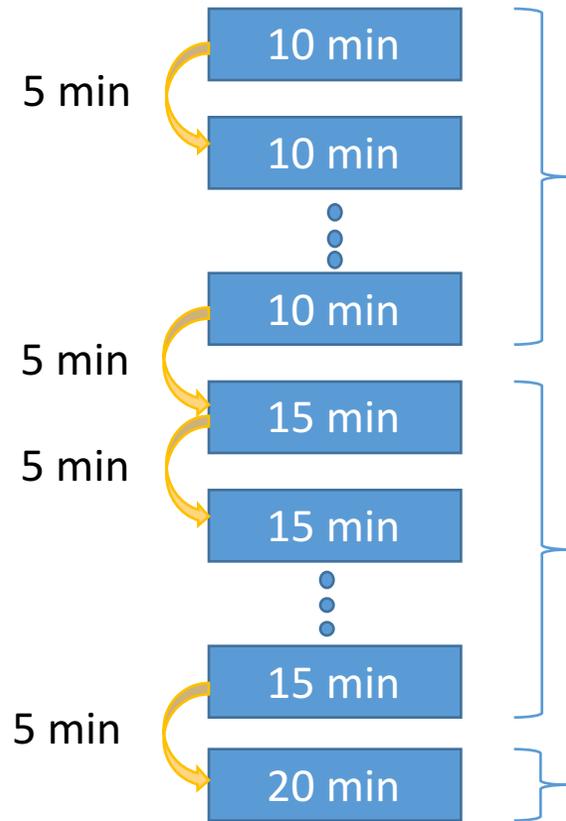
**POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL**

LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE



**CIRRELT**

# Mène à des nouvelles grilles de rendez-vous



Alterner entre les intervalles de 15 min en utilisant la variance



CHAIRE DE RECHERCHE DU CANADA EN ANALYTIQUE ET LOGISTIQUE DE SOINS DE SANTÉ

**HANALOG**



**POLYTECHNIQUE MONTRÉAL**

LE GÉNIE EN PREMIÈRE CLASSE



**CIRRELT**

# La suite ...

1. Meilleure estimation du futur (on connaît 65% des futurs patients)
2. Test au CICL de la nouvelle grille horaire
3. Continuer à développer des algorithmes efficaces pour chacun des sous-problème dans la trajectoire patient