



**HEC MONTRÉAL**

  
**CHU**  
**de Québec**  
Université Laval

*Santé  
et Services sociaux*  
**Québec** 

## La simulation comme outil d'aide à la décision stratégique: le cas des évacuations aéromédicales au Québec

Joëlle Cormier, Candidate au doctorat, HEC Montréal

Valérie Bélanger, Professeure agrégée, HEC Montréal

Marie-Ève Rancourt, Professeure agrégée, HEC Montréal

# Présentation de l'équipe

## Transferts interhospitaliers d'urgence

**Joëlle Cormier**, candidate au doctorat, HEC Montréal  
- Spécialisée en évacuations d'urgence



**Valérie Bélanger**, professeure agrégée, HEC Montréal  
- Spécialisée en logistique en milieu hospitalier et préhospitalier  
- Collabore activement avec le MSSS et différents établissements de santé

**Marie-Ève Rancourt**, professeure agrégée, HEC Montréal  
- Spécialisée en logistique humanitaire et recherche opérationnelle  
- Collabore activement avec la Croix-Rouge et le Programme alimentaire mondial



# Présentation de l'équipe

## Nos travaux





# Présentation de l'équipe

## Nos travaux

“Notre objectif principal est de concevoir et d'implanter des outils combinant la science des données, l'optimisation et la simulation pour une prise de décision efficace liée à la logistique des soins de santé et des situations d'urgence”.



# Services de santé limités et plus difficilement accessibles

## Les défis

- Lieu touché par une catastrophe naturelle/d'origine humaine
- Zones de conflit et post-conflit
- Camps de réfugiés
- Régions éloignées ou rurales
- Bidonvilles
- Communautés minoritaires et autochtones
- Petites îles éloignées



# Services de santé limités et plus difficilement accessibles

## Les défis

- Lieu touché par une catastrophe naturelle/d'origine humaine
- Zones de conflit et post-conflit
- Camps de réfugiés
- Régions éloignées ou rurales ←
- Bidonvilles
- Communautés minoritaires et autochtones ←
- Petites îles éloignées ←



# Services de santé limités et plus difficilement accessibles

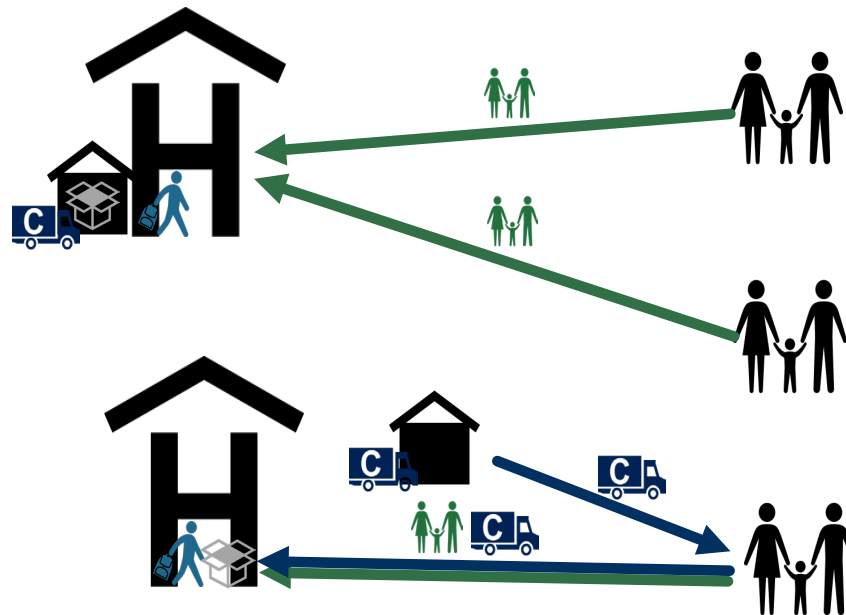
## Les défis

- Pénurie de ressources, peu peuplée, grandes distances à couvrir
- Coût du système de santé
  - Prestataire de service: coût de transport et de décentralisation des ressources
  - Patient: coût de transport et “coût d’opportunité”
- Enjeux culturels, manque de confiance dans le système de santé, stigmatisation

Ces défis nécessitent la mise en place de réseaux alternatifs pour fournir des soins de santé accessibles.

# Accès aux soins primaires

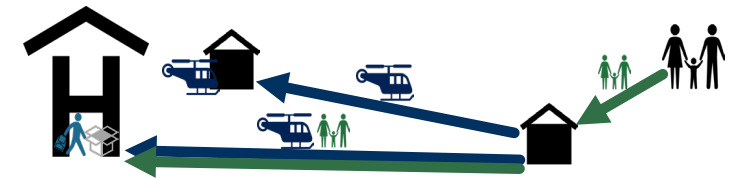
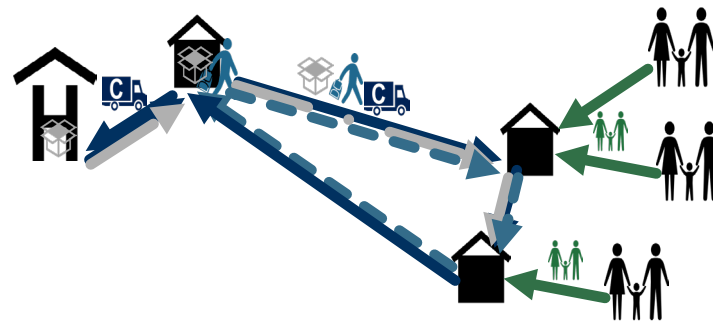
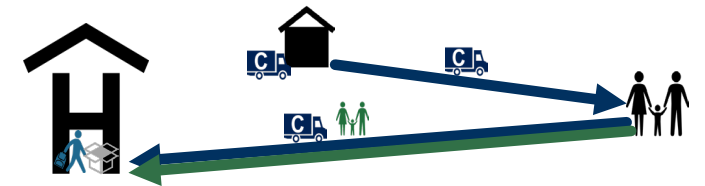
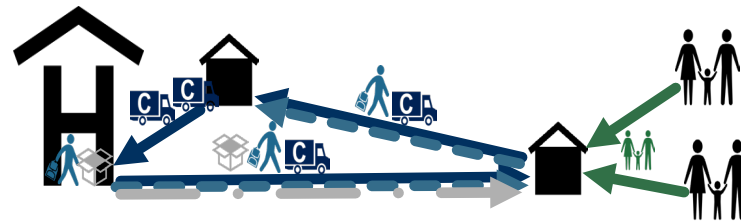
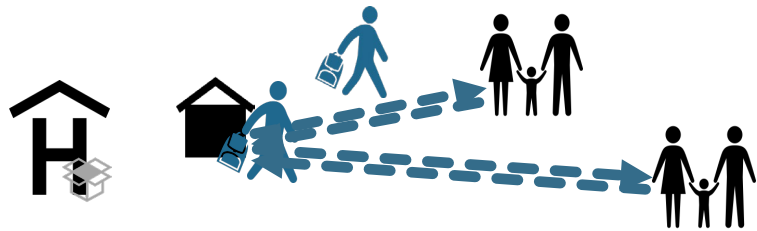
Les modèles traditionnels et les modèles alternatifs





# Accès aux soins primaires

Les modèles traditionnelles et les modèles alternatifs



Soins de santé communautaires

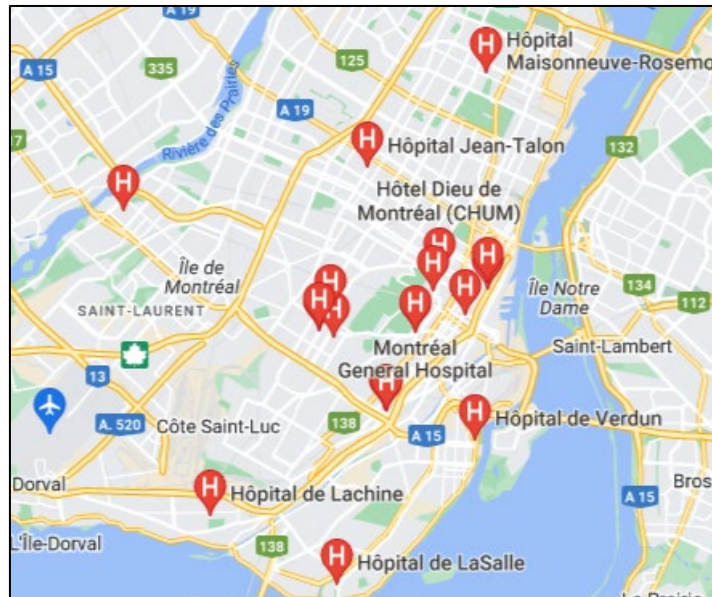
Cliniques mobiles

Transport d'urgence

# Accès aux soins spécialisés

Réduire l'écart

Milieu urbain



24 km

Centres de soins spécialisés et ultraspécialisés  
Centres hospitaliers universitaires

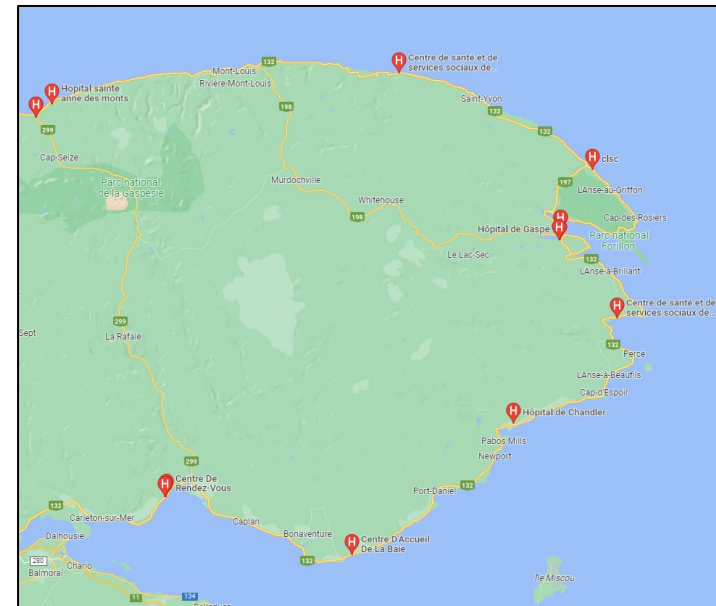
Spécialistes  
Équipements spécialisés



Patients



Région éloignée

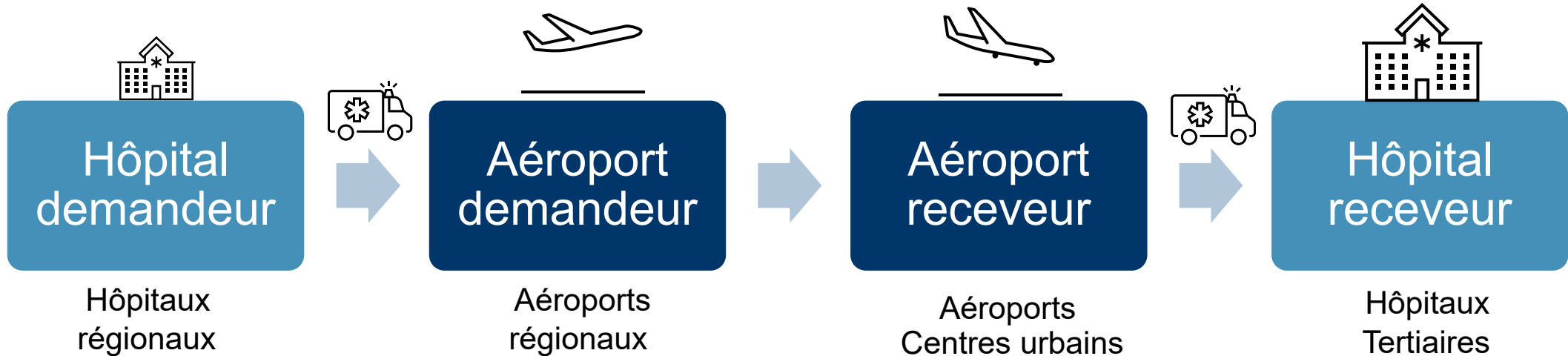


200 km

Centres hospitaliers régionaux  
Dispensaires

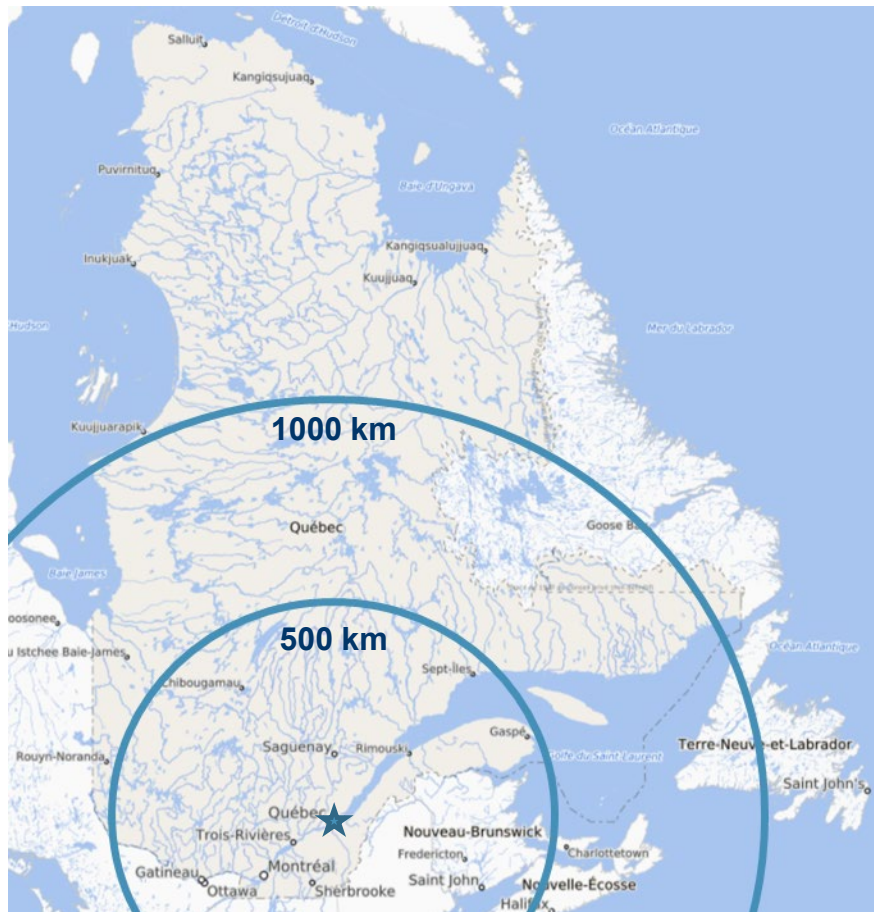
# Accès aux soins spécialisés

Réduire l'écart



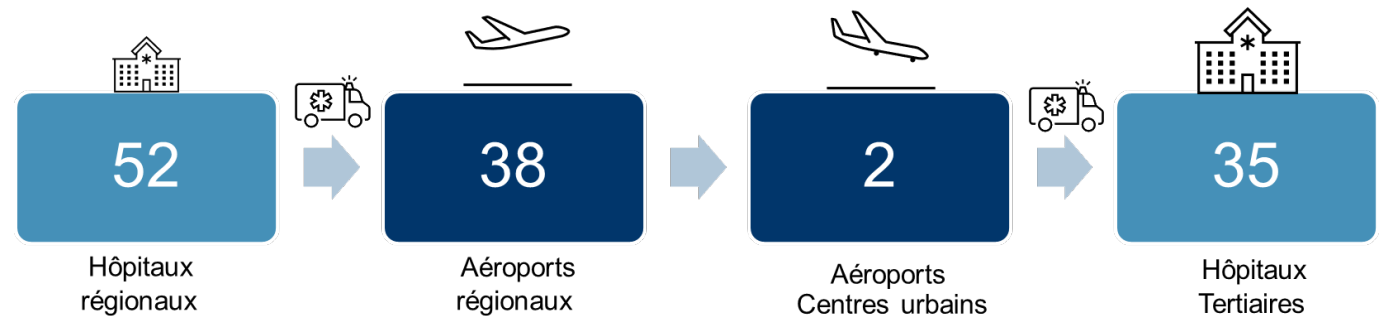
# Accès aux soins spécialisés

Réduire l'écart



## Évacuations aéromédicales du Québec (EVAQ)

- Planifier et exécuter les vols médicaux dans la province
- En fonction 24 heures par jour, 365 jours par an
- Transport de 1 970 patients en 1 328 missions en 2019
- Opère à partir du hangar de Québec (YQB)





# Accès aux soins spécialisés

Réduire l'écart



<http://www.luftambulanse.no/about-national-air-ambulance-services-norway>

<https://www.ornge.ca/home>

# Accès aux soins spécialisés

Réduire l'écart



Source: <https://evaq.chudequebec.ca/>

Deux avions dédiés aux évacuations  
aéromédicales urgentes:

- Challenger 601-1A
- Challenger 601-3A (de relève)

Surnommé avion-hôpital, car comprend à son bord:

- 1 infirmier.ère
- 1 médecin
- Personnel spécialisé au besoin

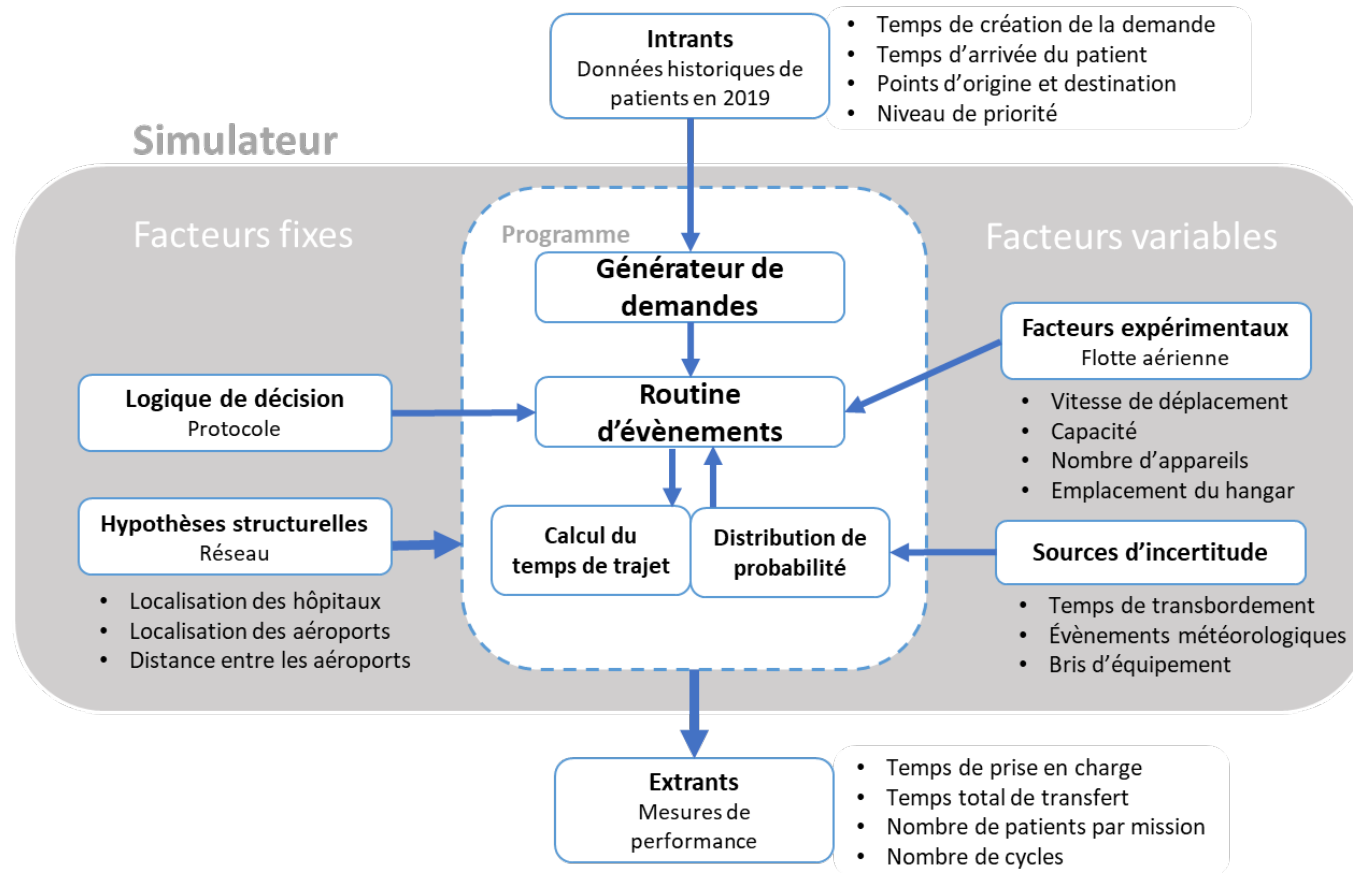
# Accès aux soins spécialisés

Réduire l'écart

Les appareils sont présentement en fin de vie, il faut donc les remplacer.

Ce projet vise à développer un environnement de simulation pour soutenir la prise de décisions entourant le renouvellement et d'amélioration de la flotte d'avion d'urgence.





# METHODOLOGIE

Simulation à  
évènements discrets



# Méthodologie

Qu'est-ce que la simulation à événements discrets? Quand l'utiliser?

Qu'est que la simulation à événements discrets?

-> Une copie virtuelle d'un processus auquel il est possible de modifier une caractéristique et d'en mesurer l'impact tout en incluant les sources d'incertitudes.

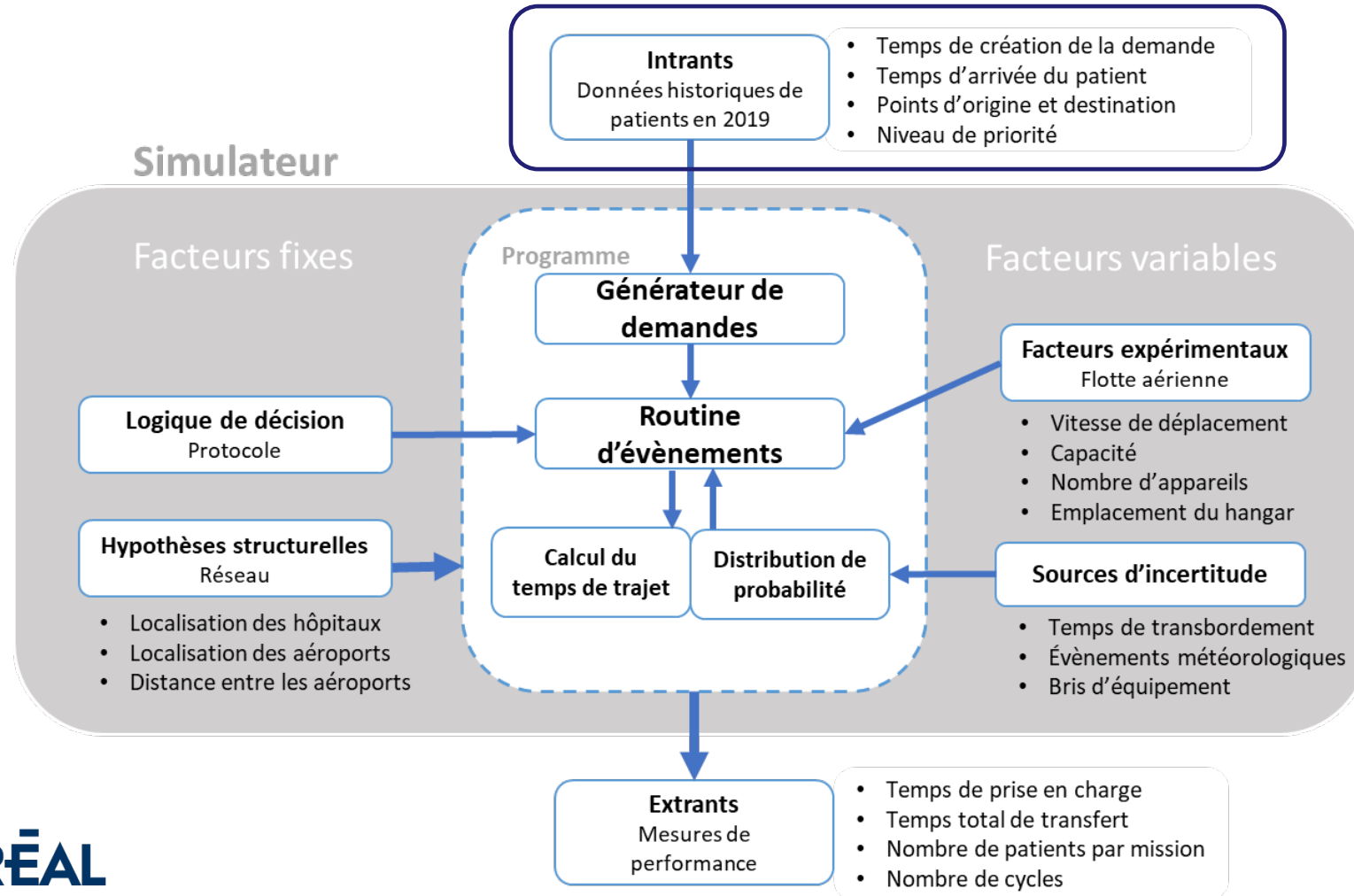
Pourquoi et quand l'utiliser?

-> Couramment utilisée dans la recherche opérationnelle pour évaluer différents scénarios et ainsi identifier de possibles améliorations à l'intérieur d'un processus.

-> Permet aussi d'inclure les spécialistes et gestionnaires du processus lors de la construction du modèle et ainsi développer une meilleure compréhension des enjeux et des compromis entre les paramètres étudiés.

# Méthodologie

## Les intrants



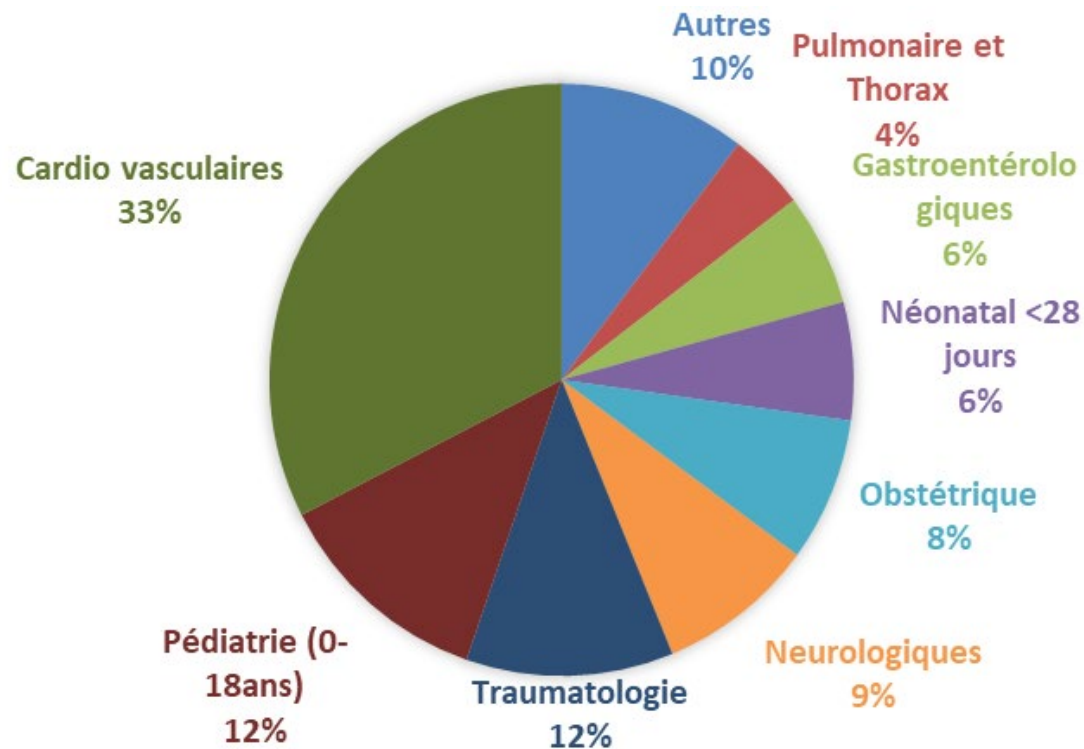
# Intrants

## Collecte de données

- Rencontres avec les intervenants clés (2019-2021)
  - 12 entrevues semi-structurées pour comprendre le processus
  - Discussion de validation
- Visite terrain
- Données collectées auprès de EVAQ, MSSS and MTQ (2019)
  - Protocoles
  - Information sur les requêtes de transfert (demandeur/destination, niveau de priorité, spécialités...)
  - Plans de vol
  - Caractéristiques des aéroports et des pistes d'atterrissage (longueur, largeur, surface)
  - Distance entre les hôpitaux et les aéroports
  - Liste d'appareils potentiels

# Portrait des patients

Collecte de données

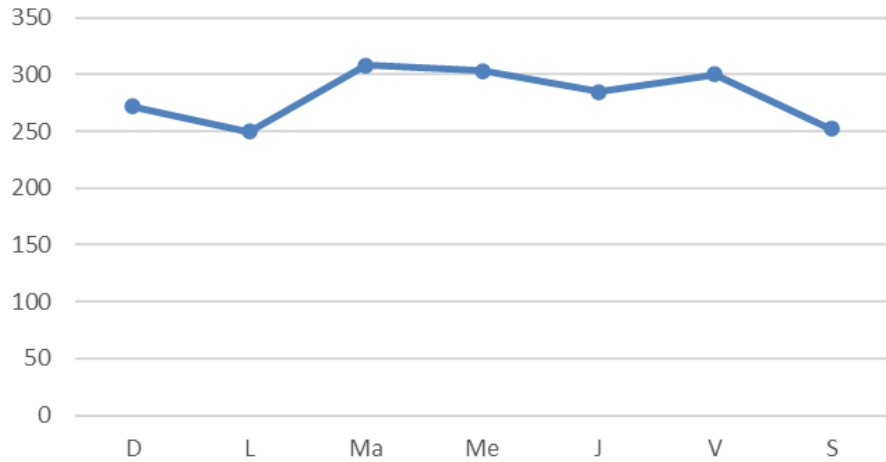


09- COTE-NORD	22.39%
08- ABITIBI-TÉMISCAMINGUE	20.71%
11- GASPÉSIE ILES-DE-LA-MADELEINE	19.85%
17- NUNAVIK	14.67%
01- BAS SAINT-LAURENT	10.71%
10- NORD-DU-QUÉBEC	6.14%
02- SAGUENAY LAC-ST-JEAN	4.21%
NOUVEAU-BRUNSWICK	0.61%
03- CAPITALE-NATIONALE	0.25%
06- MONTRÉAL	0.15%
18- TERRE-CRIES-DE-LA-BAIE-JAMES	0.15%
LABRADOR	0.10%
12- CHAUDIÈRE-APPALACHES	0.05%

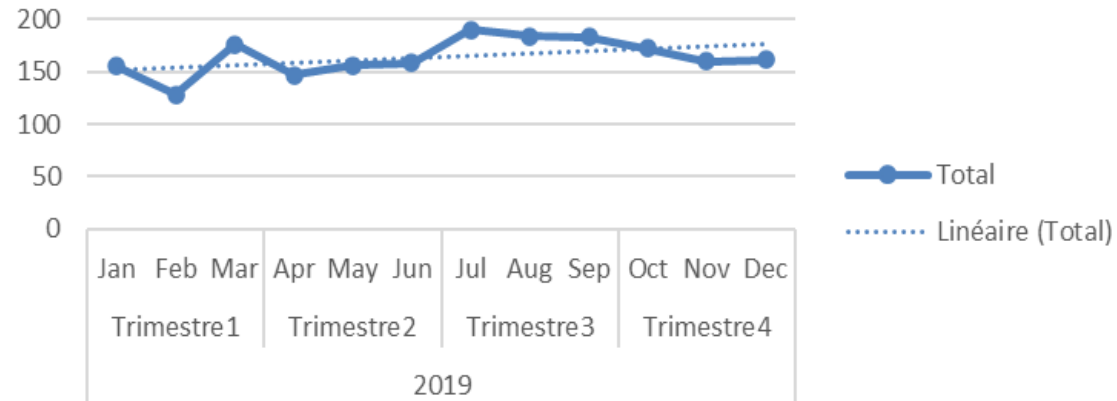


# Portrait des demandes

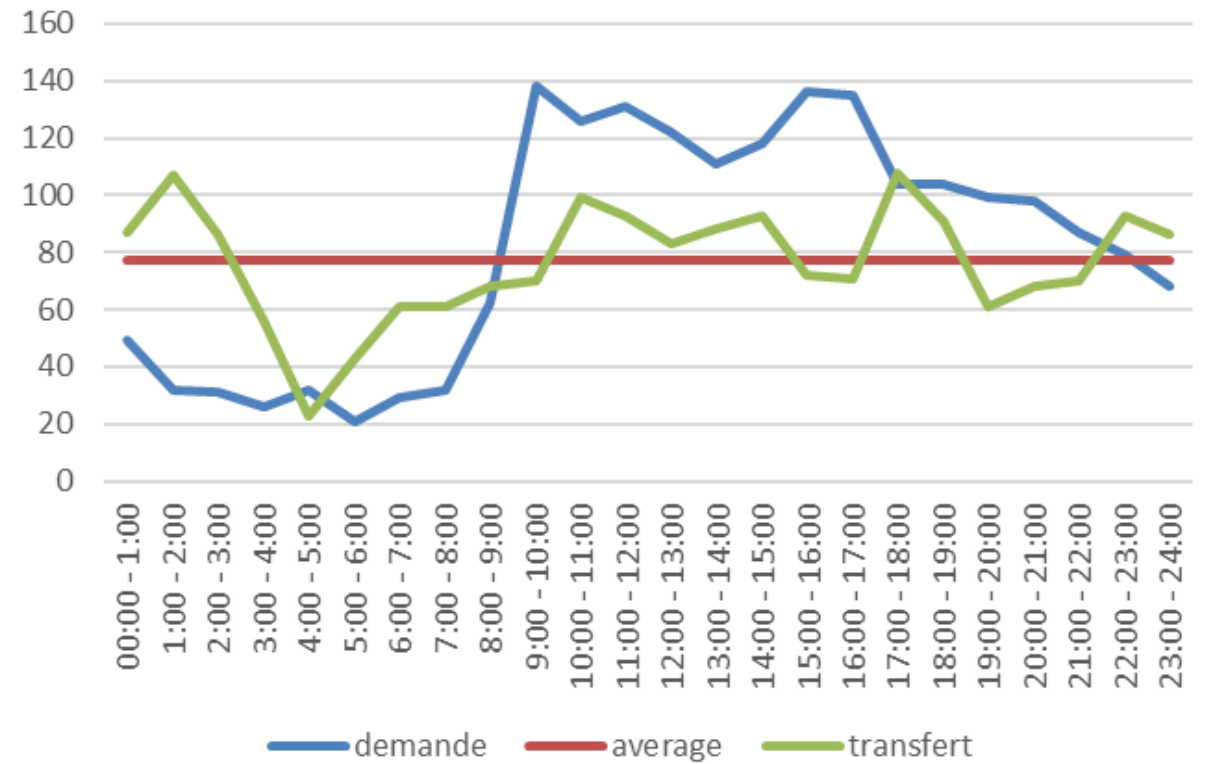
## Collecte de données



Demandes par journée de la semaine



Demandes par mois de l'année

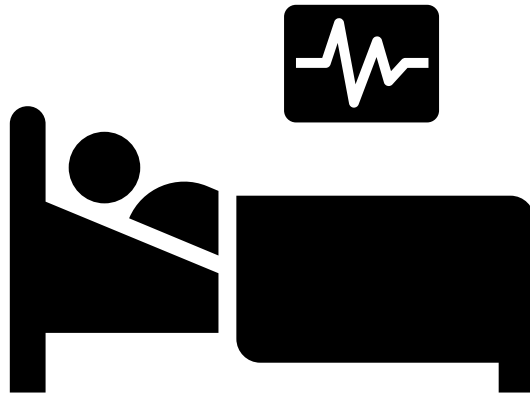


Demandes et transferts par heures de la journée

# Intrants

Données historiques

Patient virtuel créé à partir des données extraites en 2019



Patient #285

Origine: Hôpital de l'archipel (Îles-de-la-Madeleine)

Destination: CHUL (Québec)

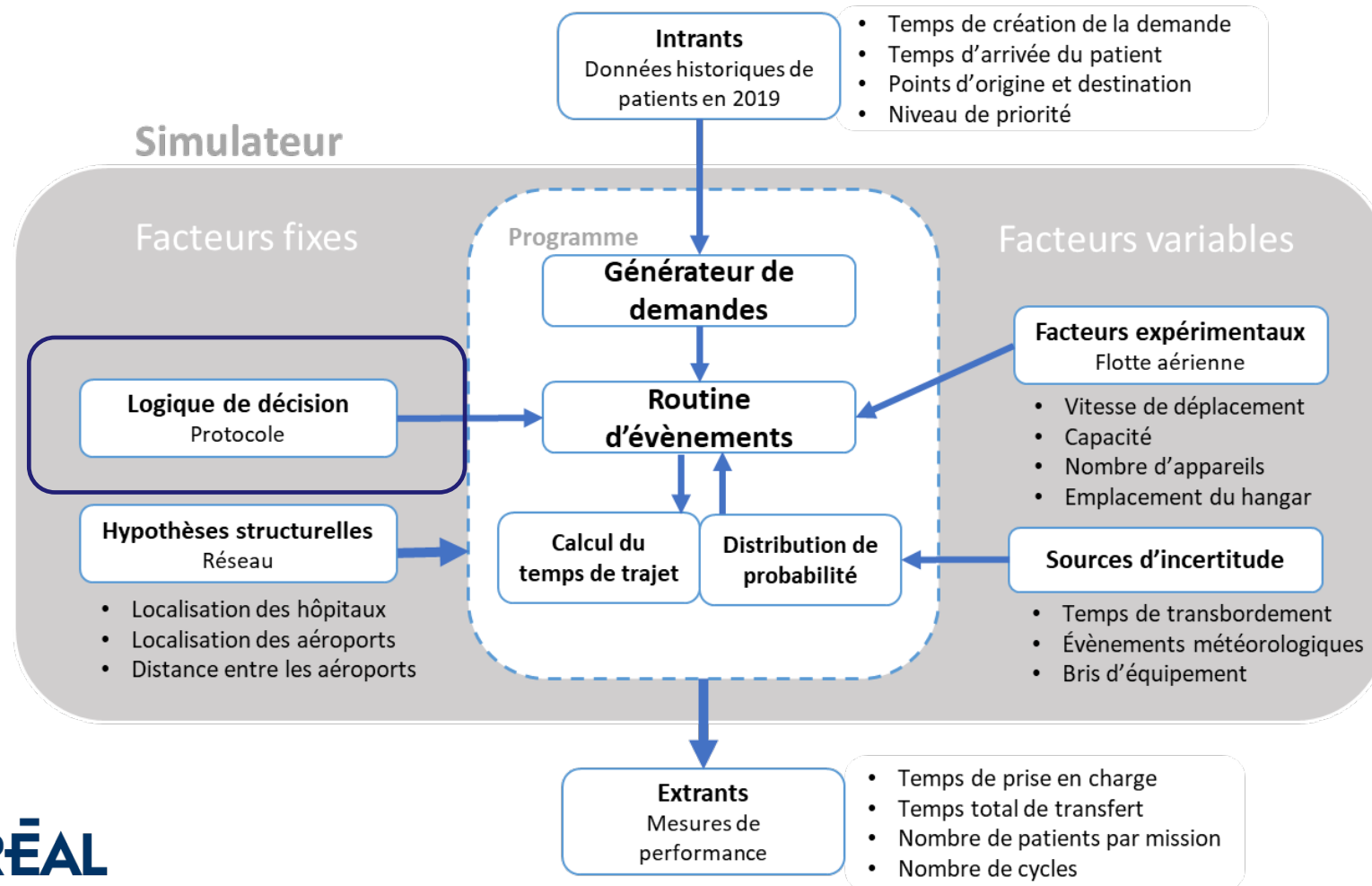
Demande: 3 février 2019 à 15h45

Niveau de priorité: P2

Spécialisation: Traumatologie

# Méthodologie

## Composition du modèle de simulation

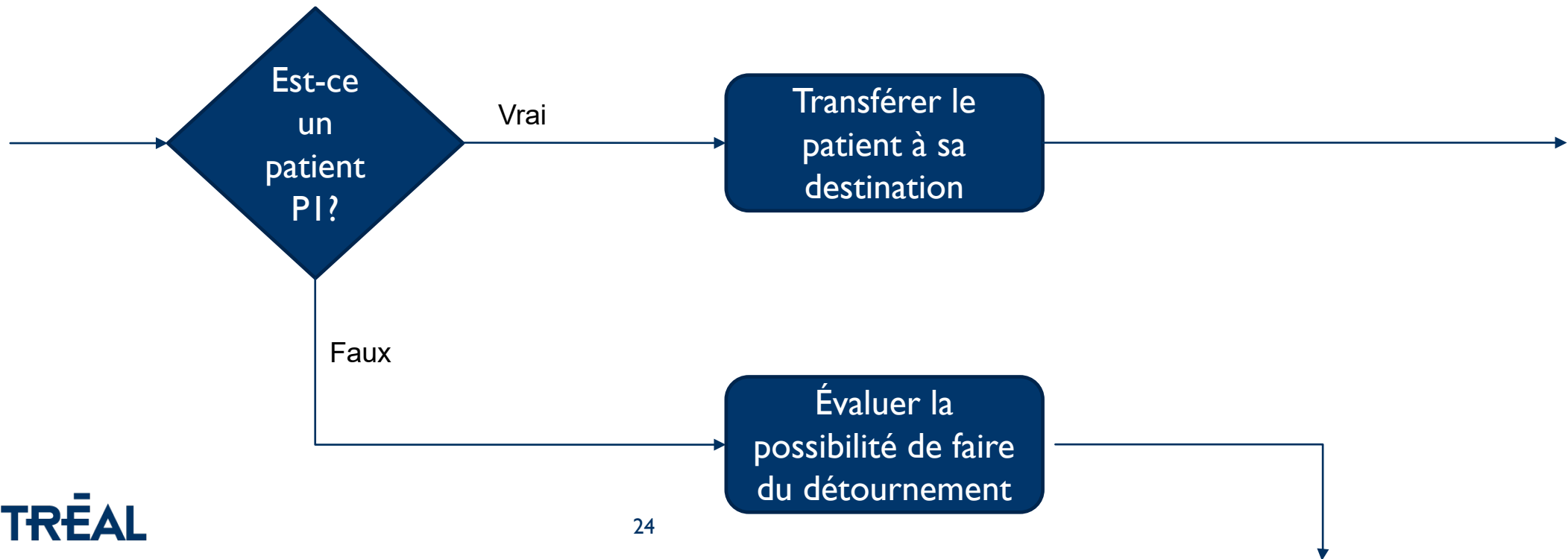


# Logique de décision

## Protocole

Priorité	
1	<b>CRITIQUE</b> Danger immédiat Pour la vie ou les fonctions vitales ou un membre
2	<b>URGENT</b> Danger possible Pour la vie ou les fonctions vitales
3	<b>SEMI-URGENT</b> Pas de danger immédiat Pour la vie ou les fonctions vitales
4	<b>NON URGENT</b> Aucun danger immédiat Pour la vie ou les fonctions vitales

Les patients sont triés selon leur niveau de priorité de P1 (critique) à P4 (non urgent)

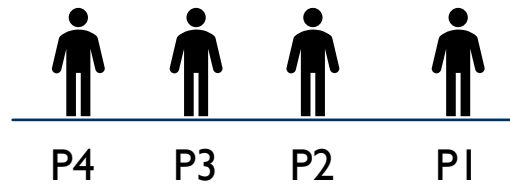




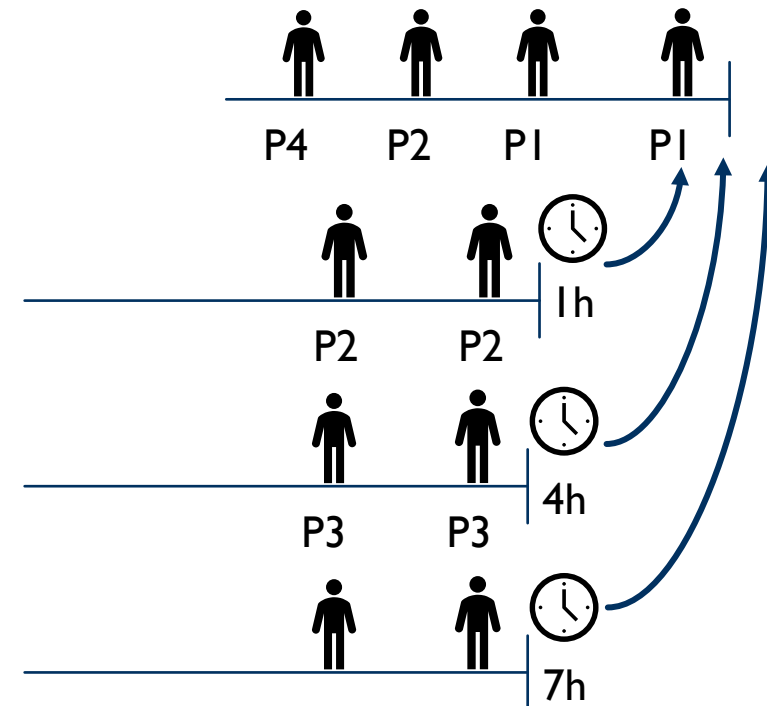
# Méthodologie

## Composition du modèle de simulation

Systeme d'attente avec une ligne de patients par priorités

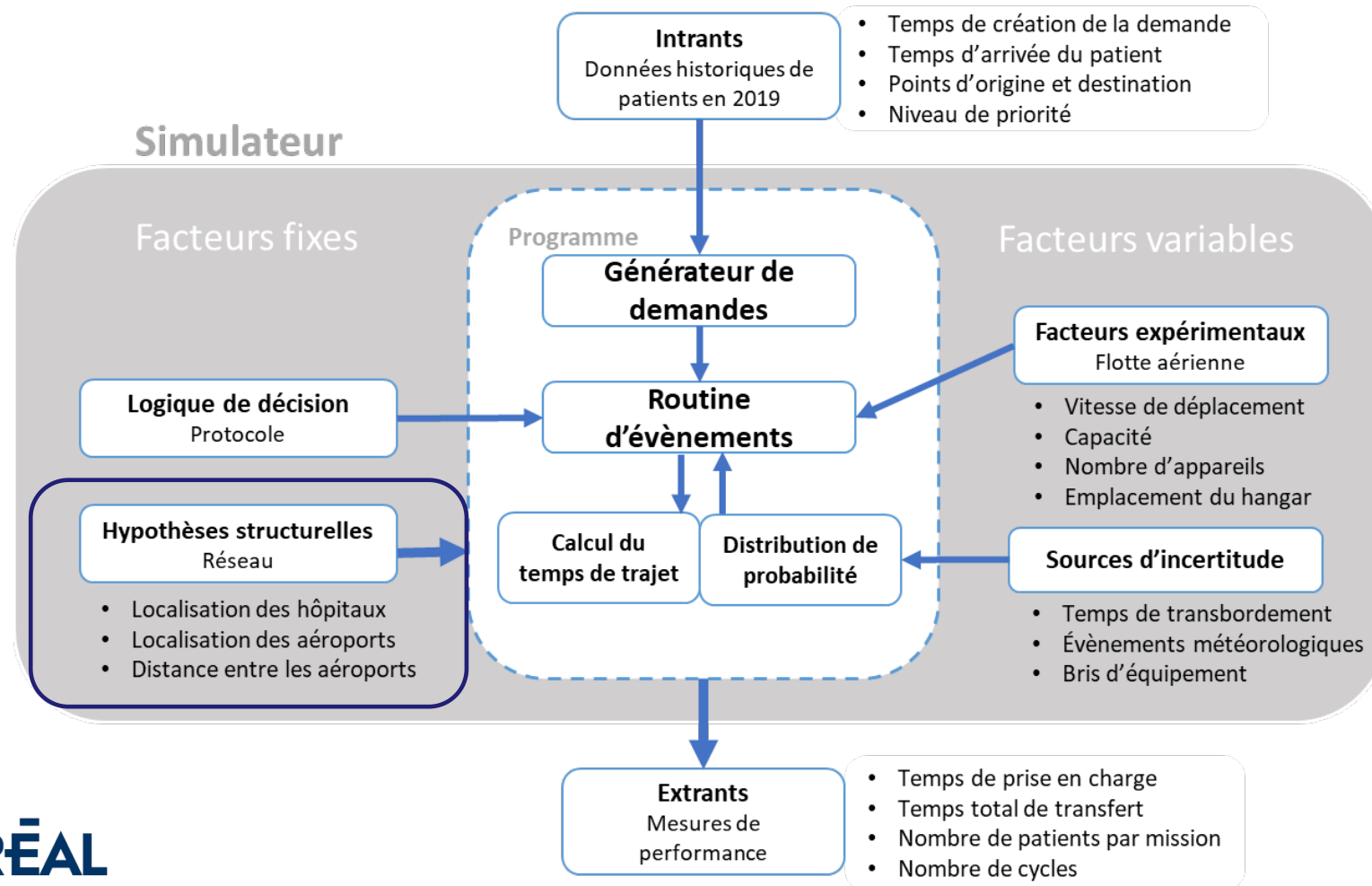


Systeme d'attente avec plusieurs lignes d'attente selon la priorité



# Méthodologie

## Composition du modèle de simulation

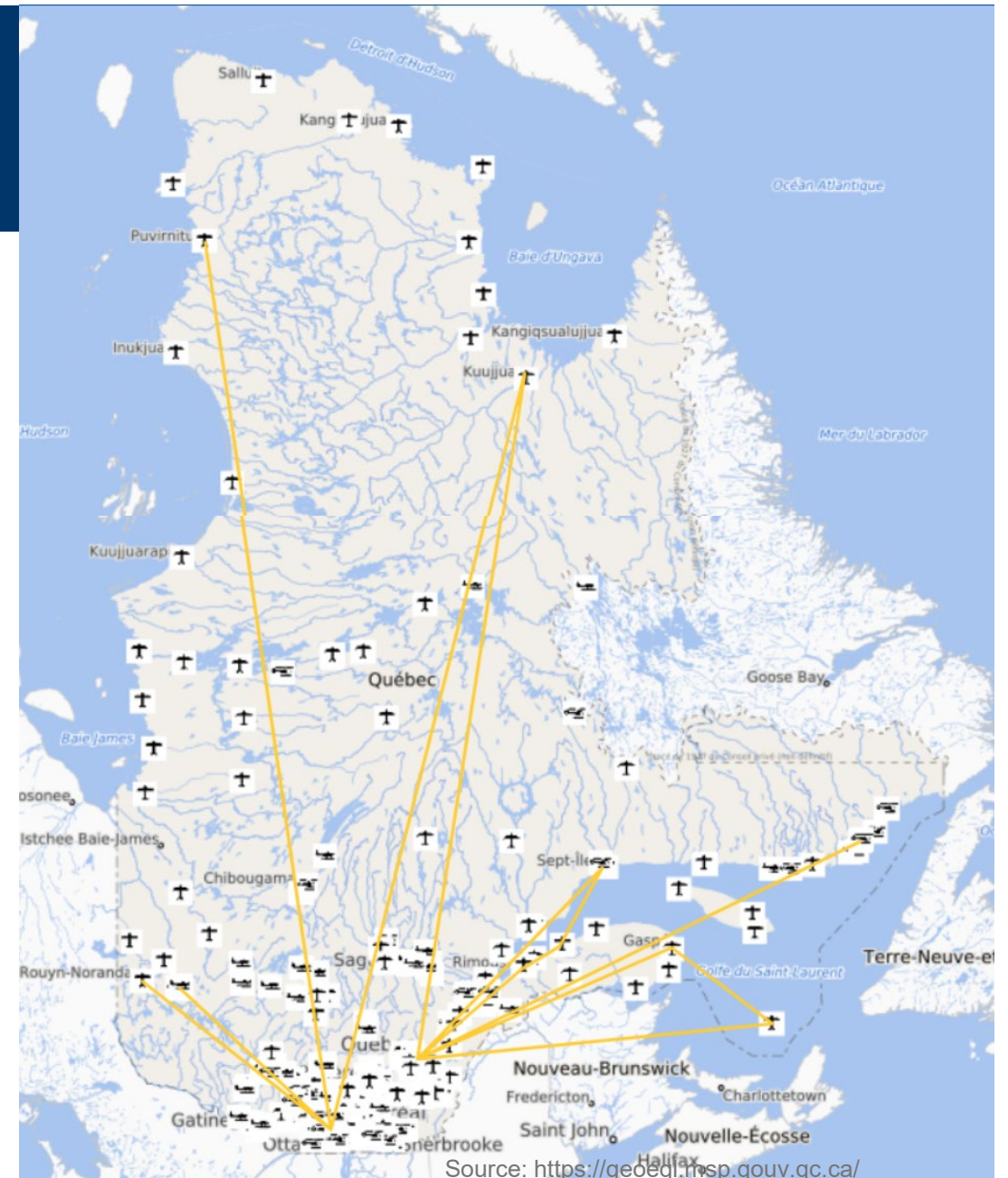
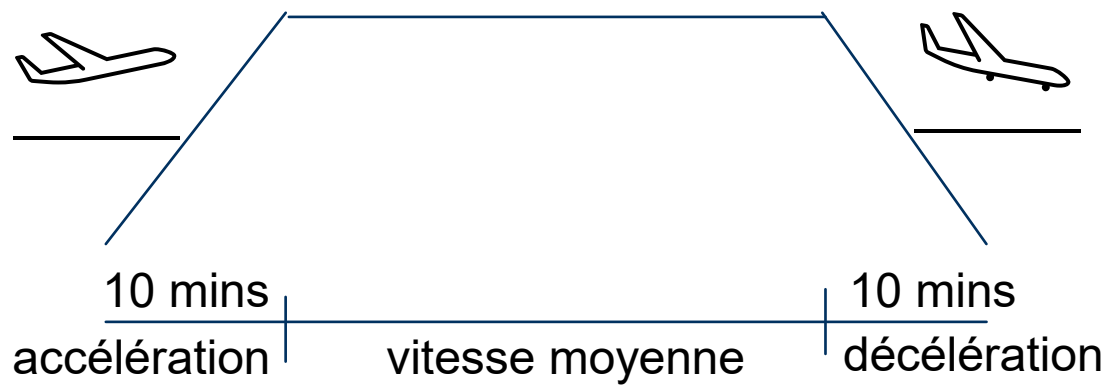


# Hypothèses Structurelles

## Réseau

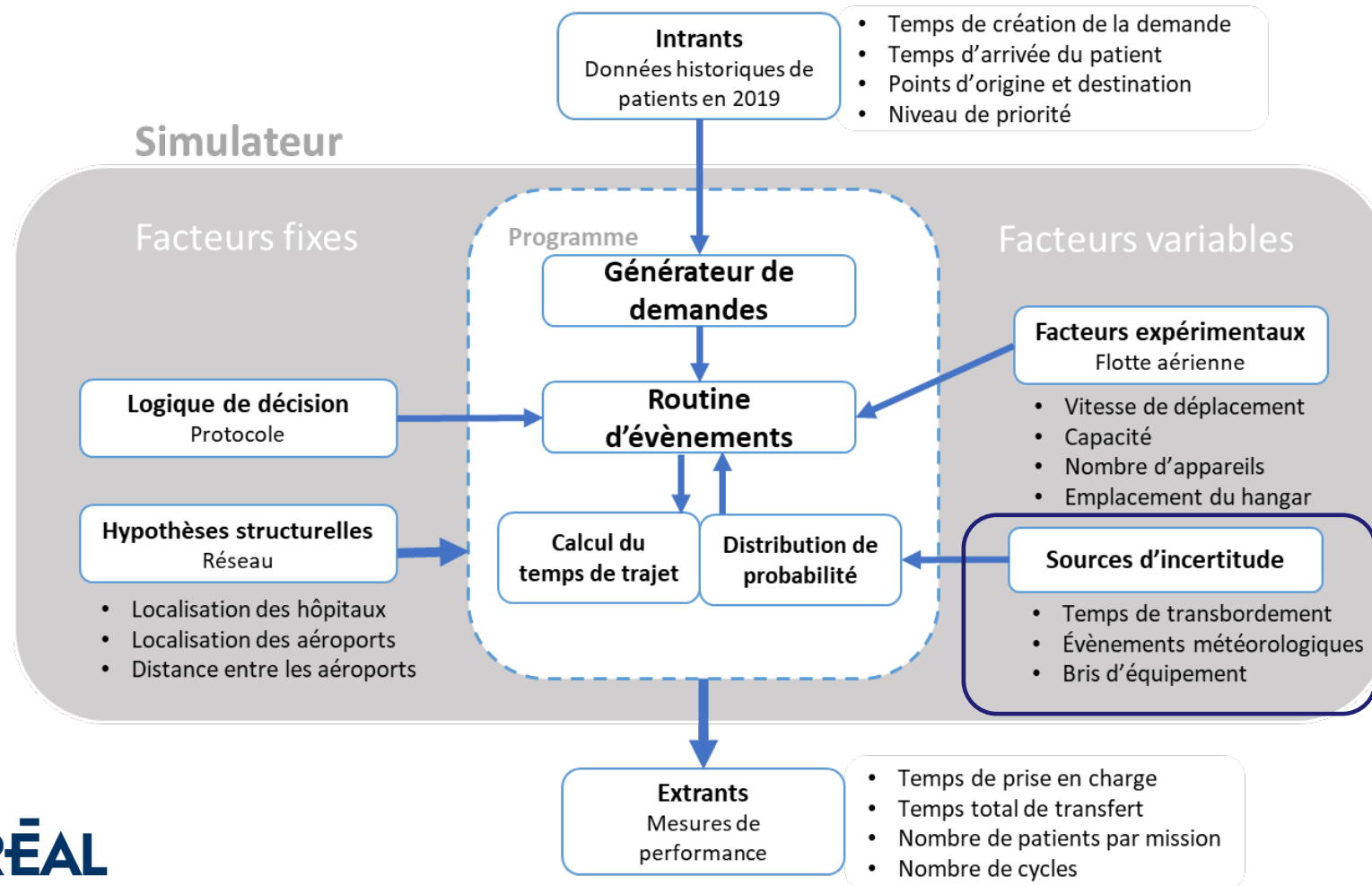
À partir des coordonnées de tous les aéroports concernés (779 arcs):

- quantifier la distance de déplacement
- calculer le temps de déplacement en fonction de la vitesse moyenne de l'appareil



# Méthodologie

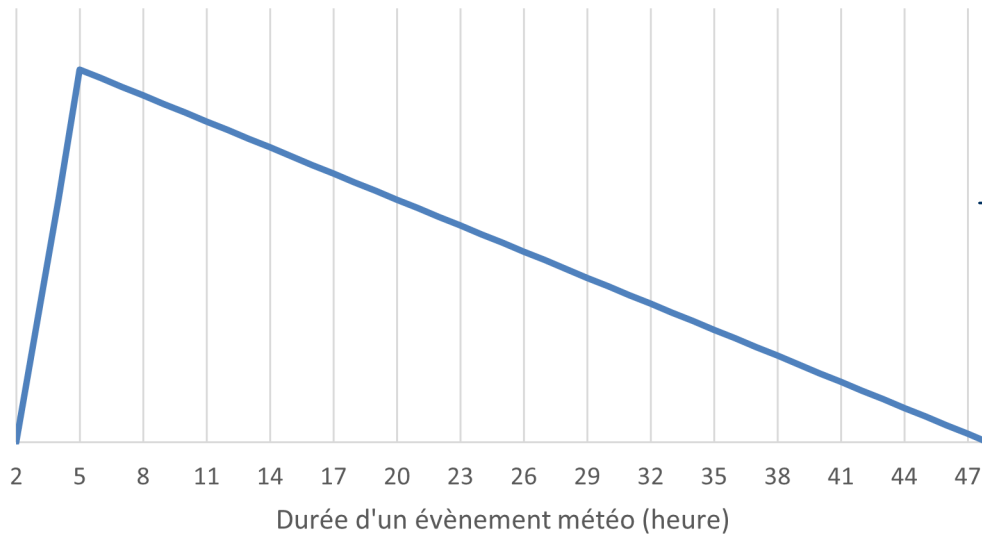
## Composition du modèle de simulation



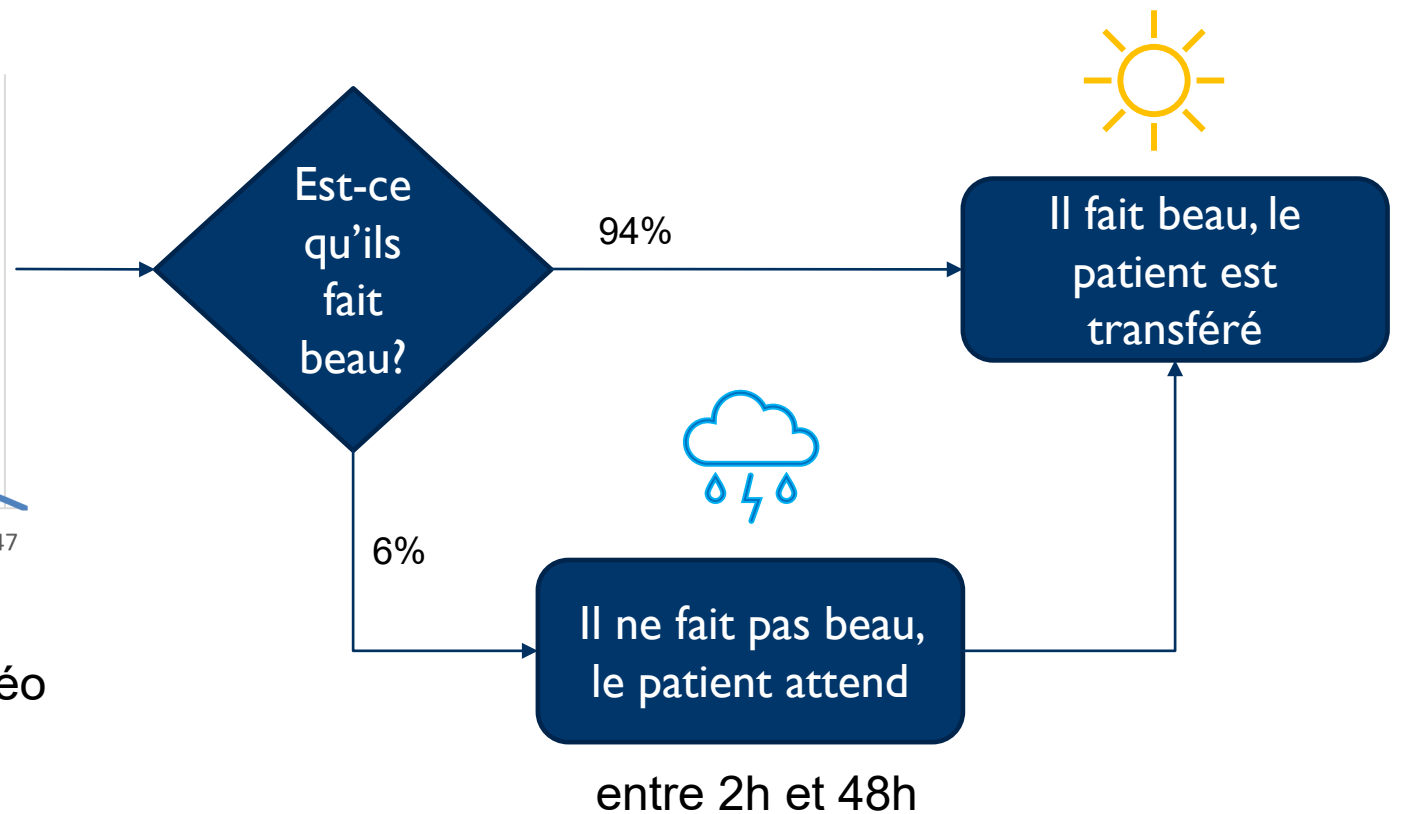
# Sources d'incertitude

Quantifier les imprévus

Probabilité de la durée d'un évènement météo



6% des patients vivent des délais liés à la météo  
Durée variable entre 2h et 48h



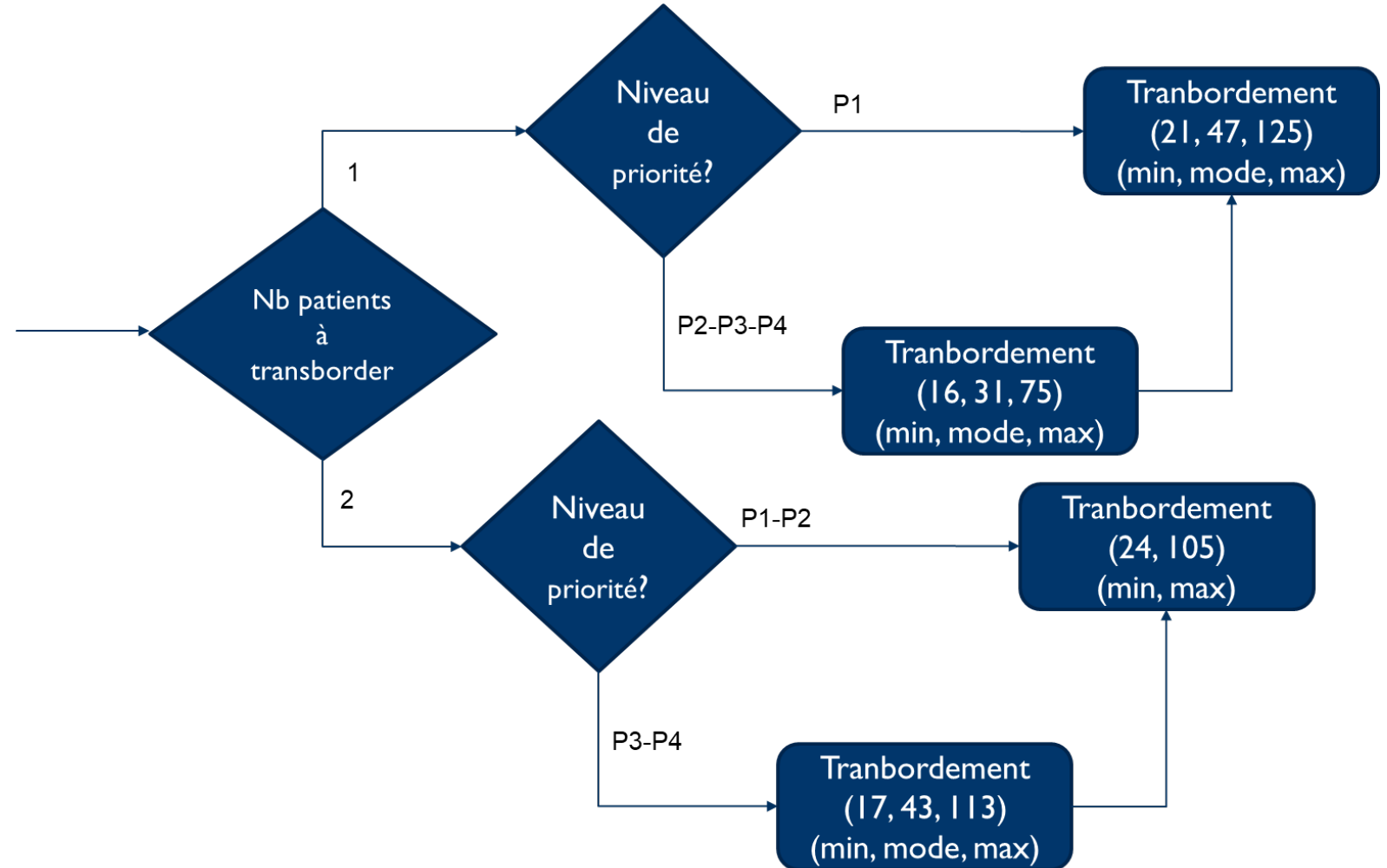


# Sources d'incertitude

Quantifier les imprévus

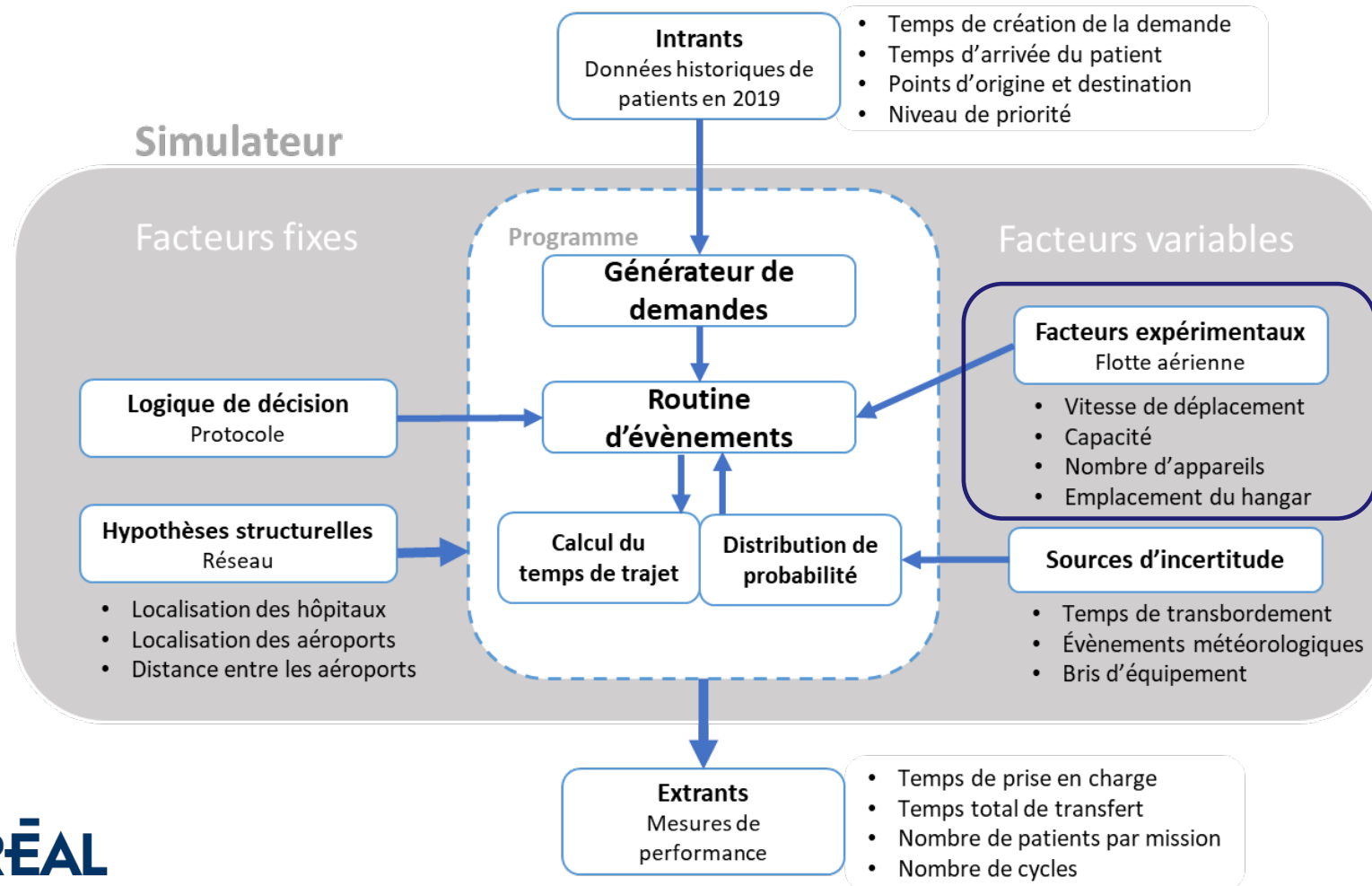
Facteurs analysés:

- Spécialisation
- Aéroport d'origine
- Aéroport de destination
- Niveau de priorité
- Nombre de patients



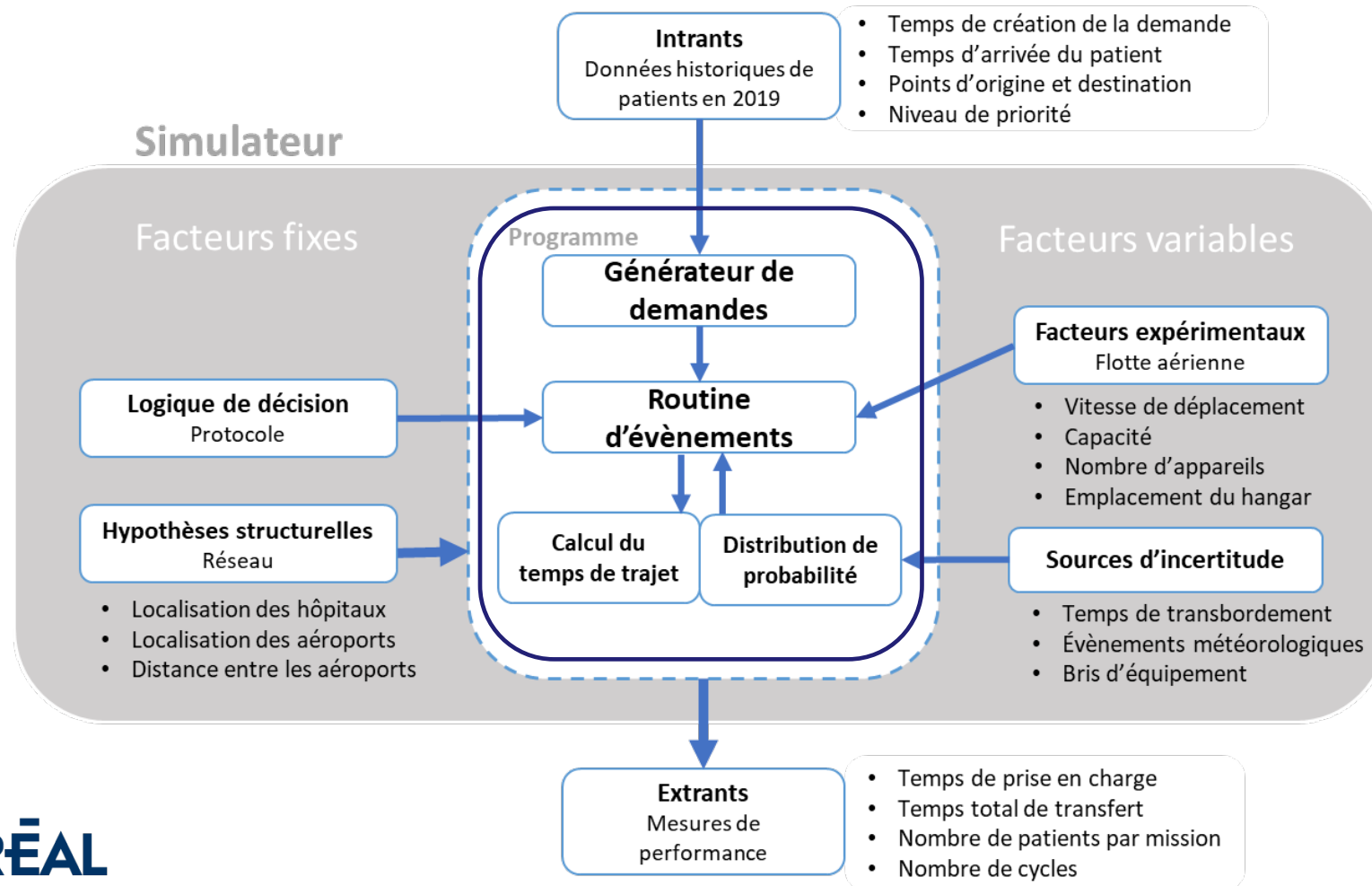
# Méthodologie

## Composition du modèle de simulation



# Méthodologie

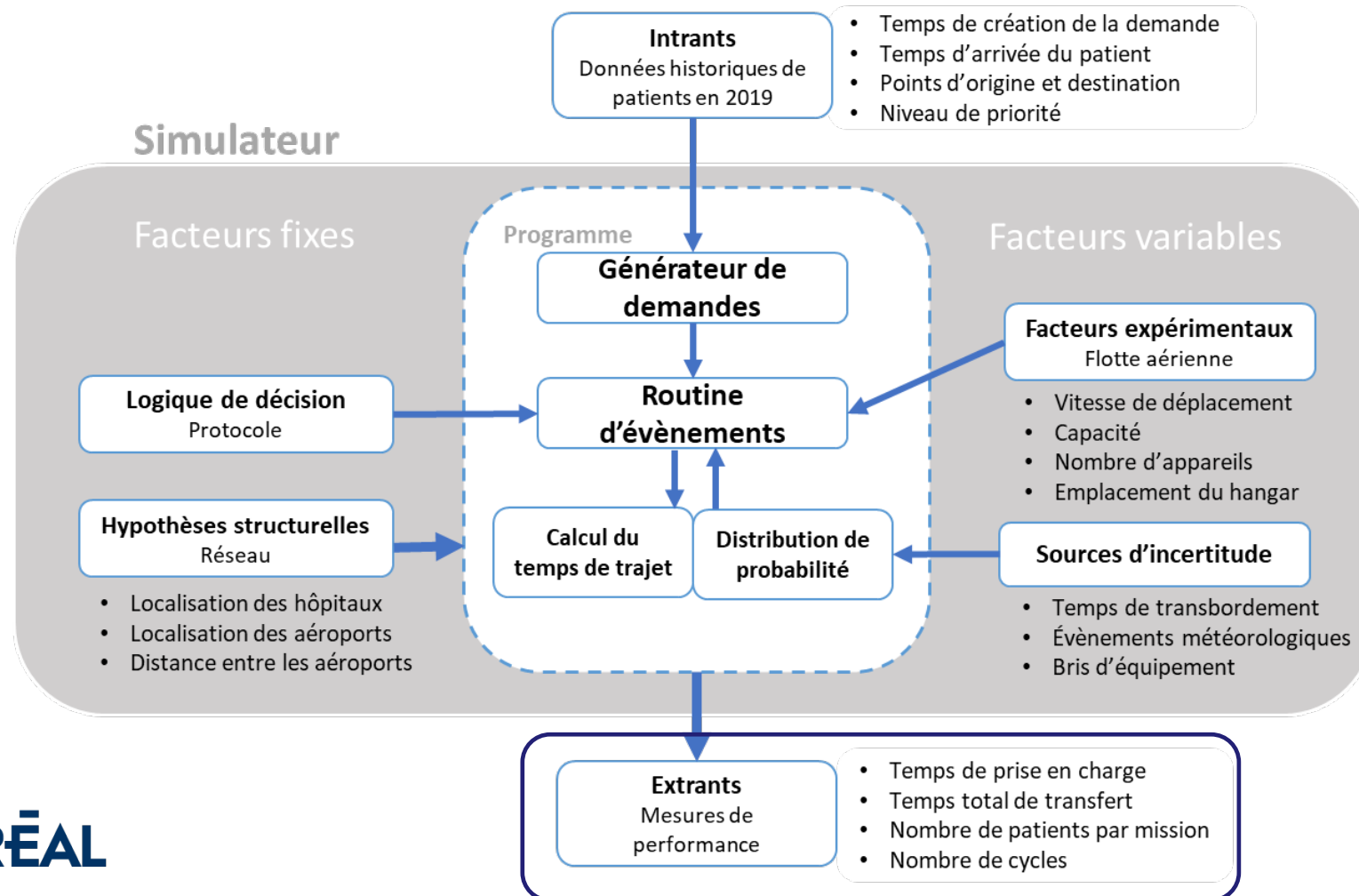
## Composition du modèle de simulation





# Méthodologie

## Composition du modèle de simulation

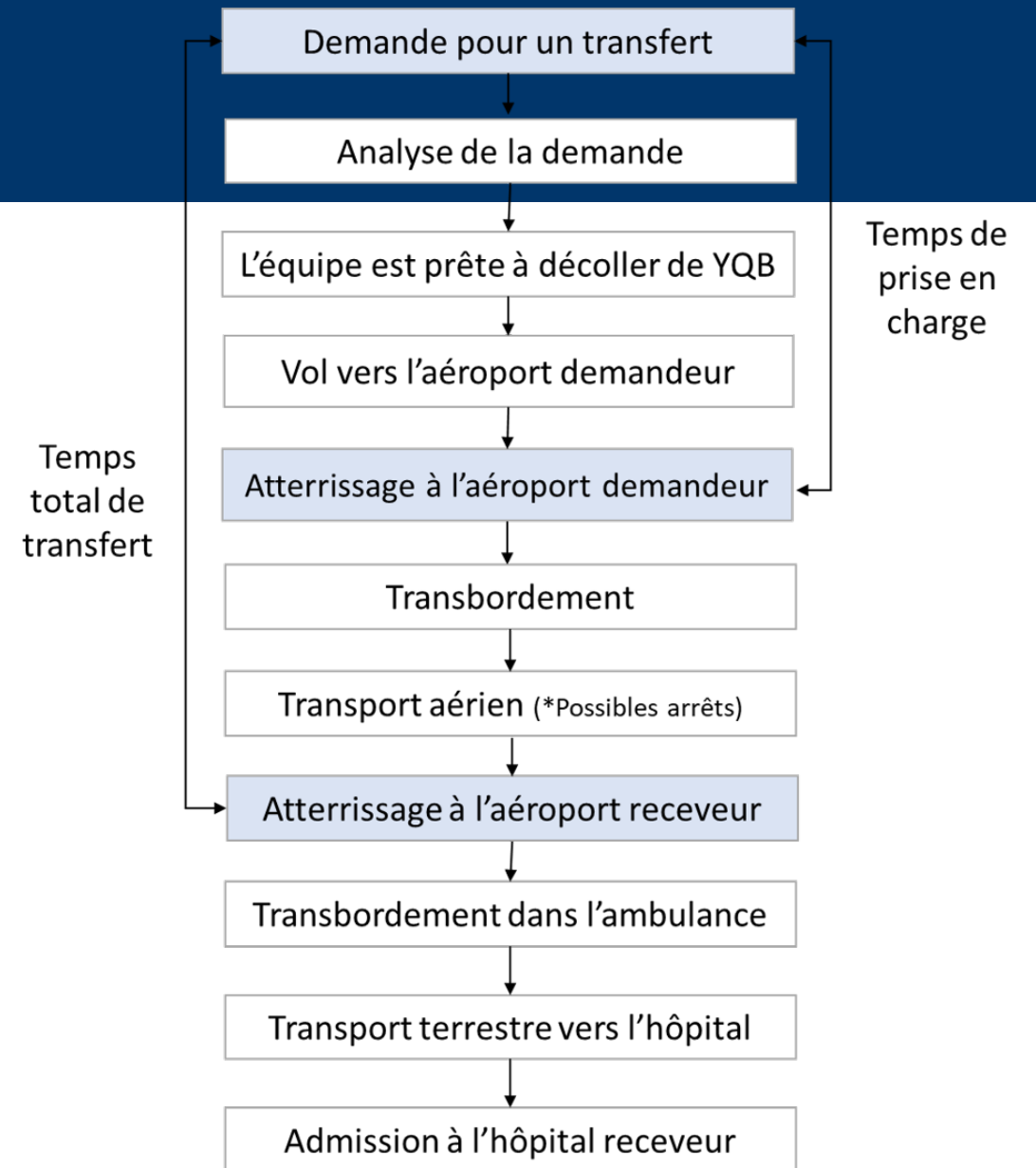


# Extrants

## Mesures de performance

La performance du service se mesure par:

- Temps total de transfert
- Temps de prise en charge
- Nombre de patient par mission
- Nombre de cycle





# Méthodologie

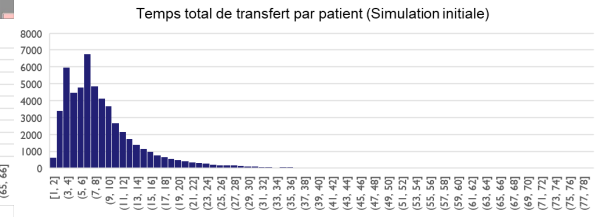
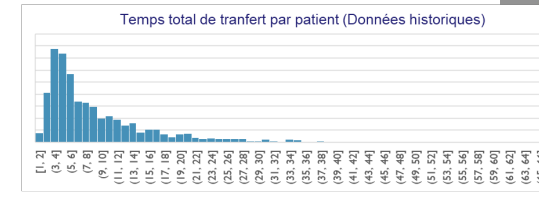
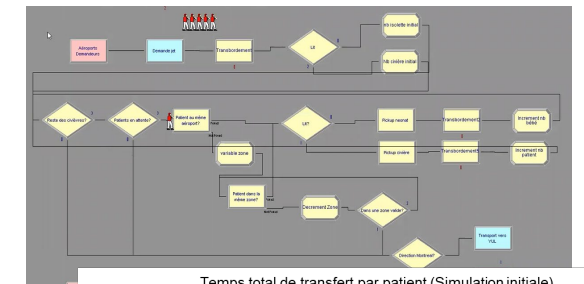
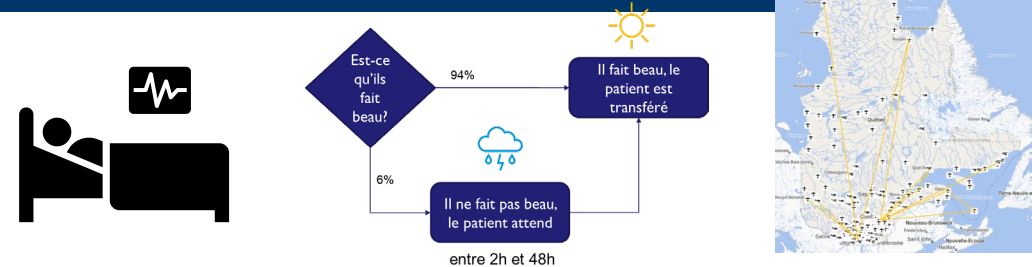
## Étapes

1. Définir les paramètres de simulation

2. Bâtir le modèle de simulation (copie du processus actuel)

3. Vérifier et valider le modèle de simulation

4. Définir des facteurs expérimentaux (décisions à analyser)



# Analyse des facteurs pouvant influencer la performance des évacuations

Capacité  
patients

Taille de  
flotte

Vitesse

# Décisions étudiées

## Impact de la capacité

Capacité actuelle du Challenger:

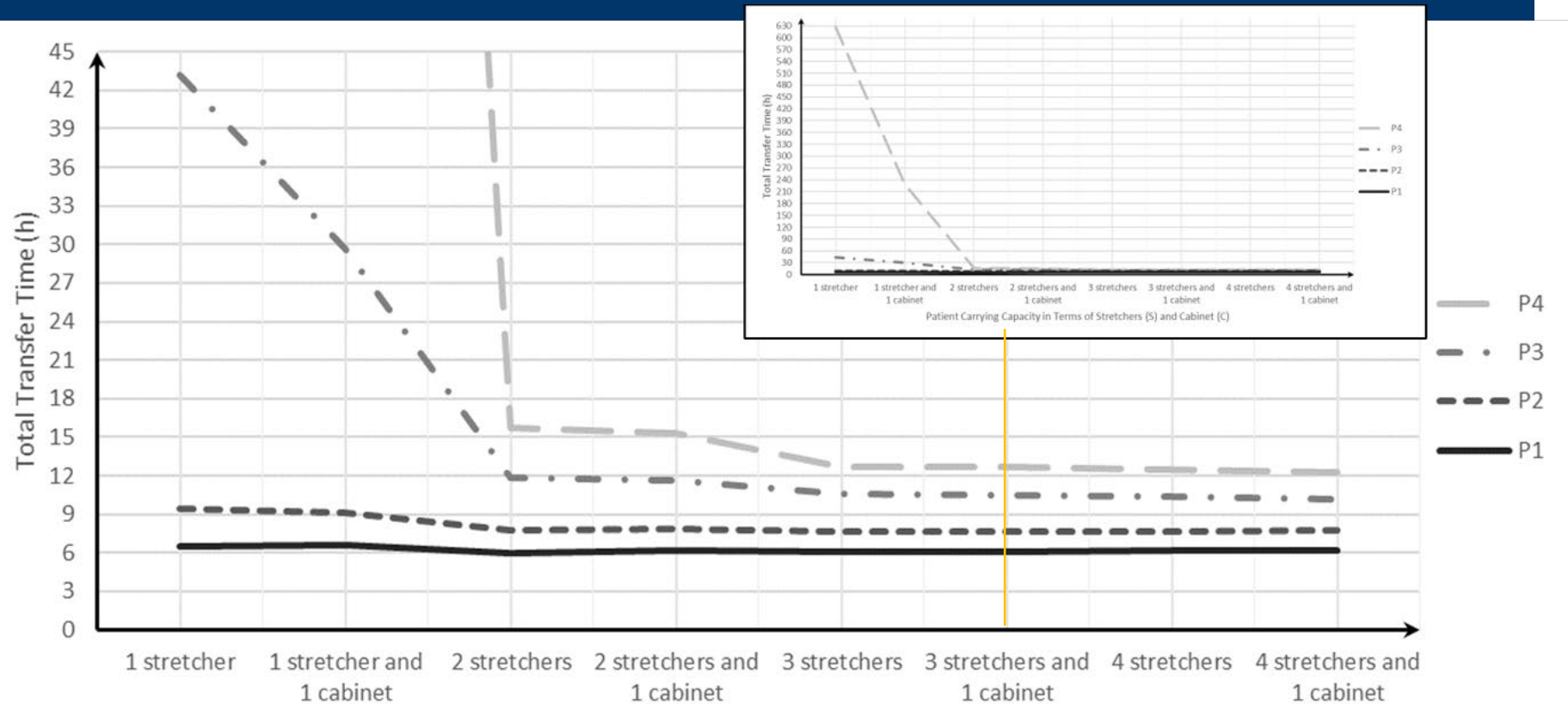
- 3 civières
- 1 meuble pour incubateur

Quel est l'impact de la capacité sur la performance du service?



# Décisions étudiées

Impact de la capacité



Temps total de transfert selon la capacité et la priorité

# Décisions étudiées

## Impact de la taille de la flotte

Taille actuelle de la flotte:

- Challenger 601-1A
- Challenger 601-3A (de relève)

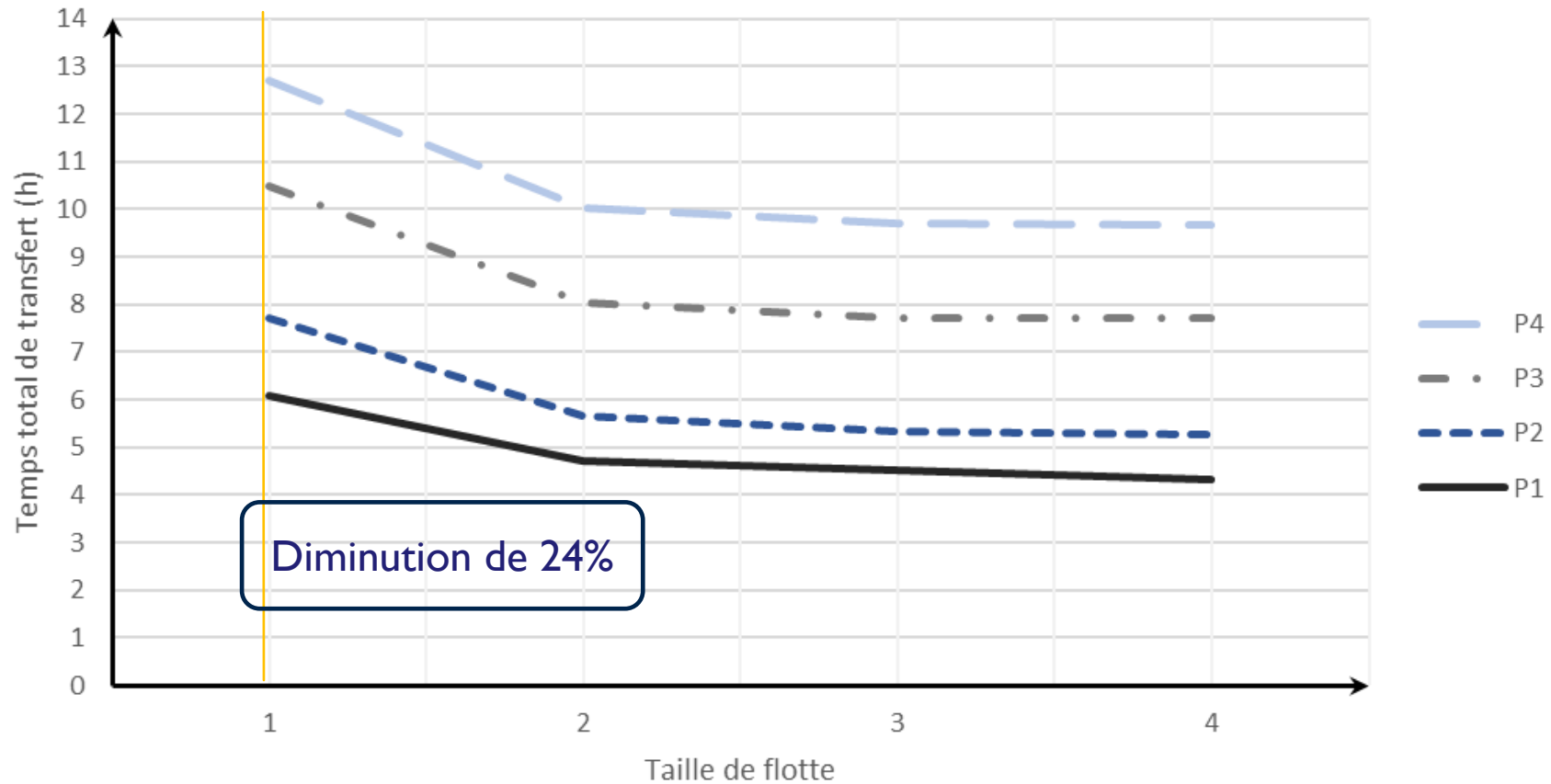
Quel est l'impact de la taille de la flotte sur la performance du service?



Source: Joëlle Cormier

# Décisions étudiées

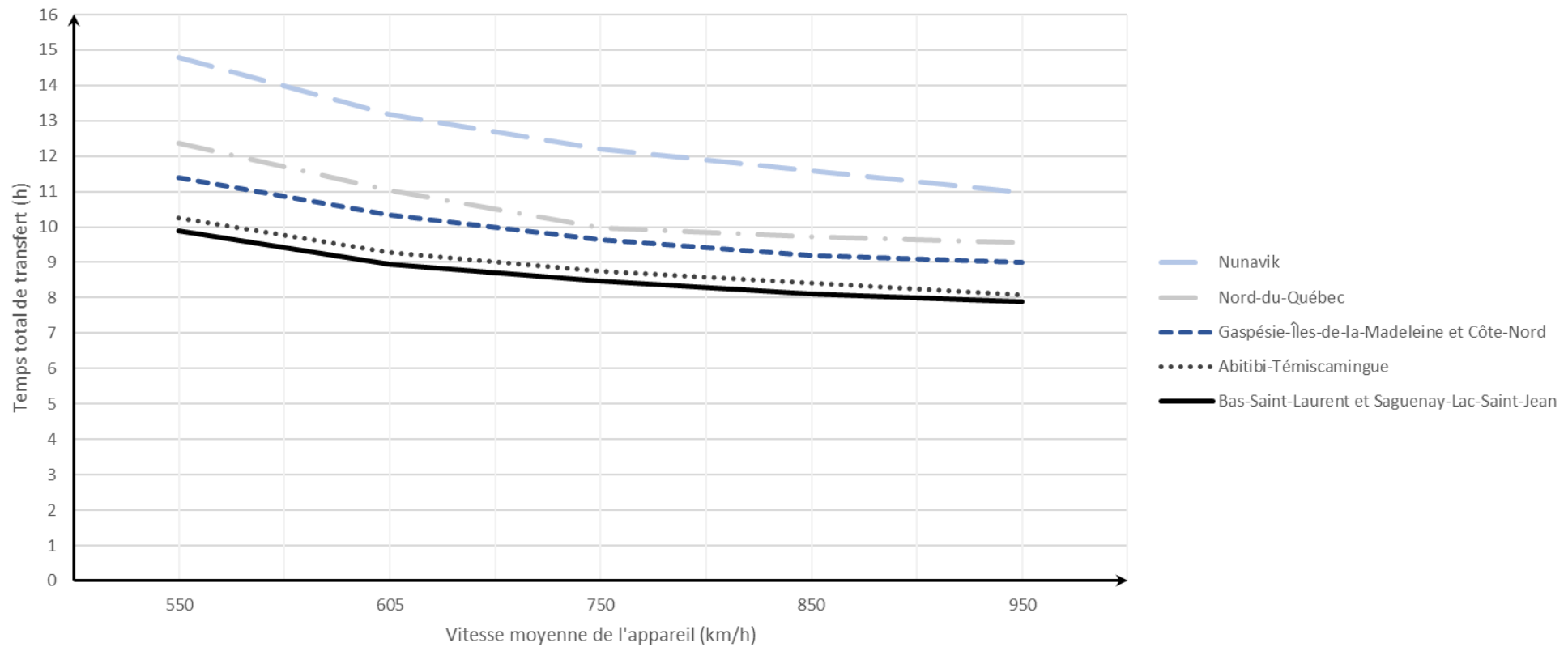
## Impact de la taille de la flotte





# Décisions étudiées

## Impact de la vitesse



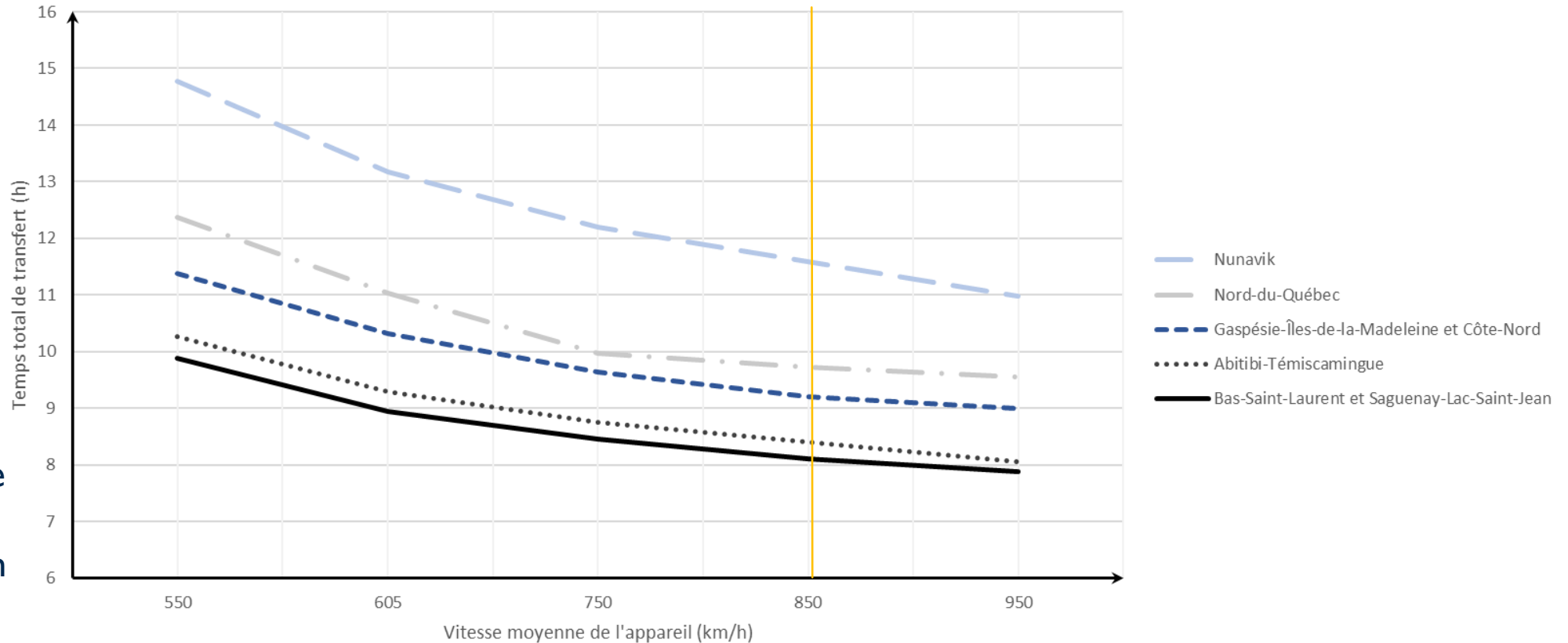
Temps total de transfert selon la vitesse moyenne de l'appareil et la région socio-sanitaire

# Décisions étudiées

## Impact de la vitesse

+ 27,5 % au Nunavik en passant de 850 à 550 km/h

+ 21,8 % en passant de 850 à 550 km/h pour le Bas-Saint-Laurent et le Saguenay-Lac-Saint-Jean



Temps total de transfert selon la vitesse moyenne de l'appareil et la région socio-sanitaire

# Analyse de scénarios spécifiques à la réalité du Québec

# Décisions étudiées

## Impact d'une flotte mixte

La flotte de transport d'urgence comporte présentement un seul type d'avion:

- Biréacteur de la catégorie super-intermédiaires
- Rapide, longue portée, durée de vie limitée et coût élevé

En dédiant ces appareils pour les zones de > 1000 km

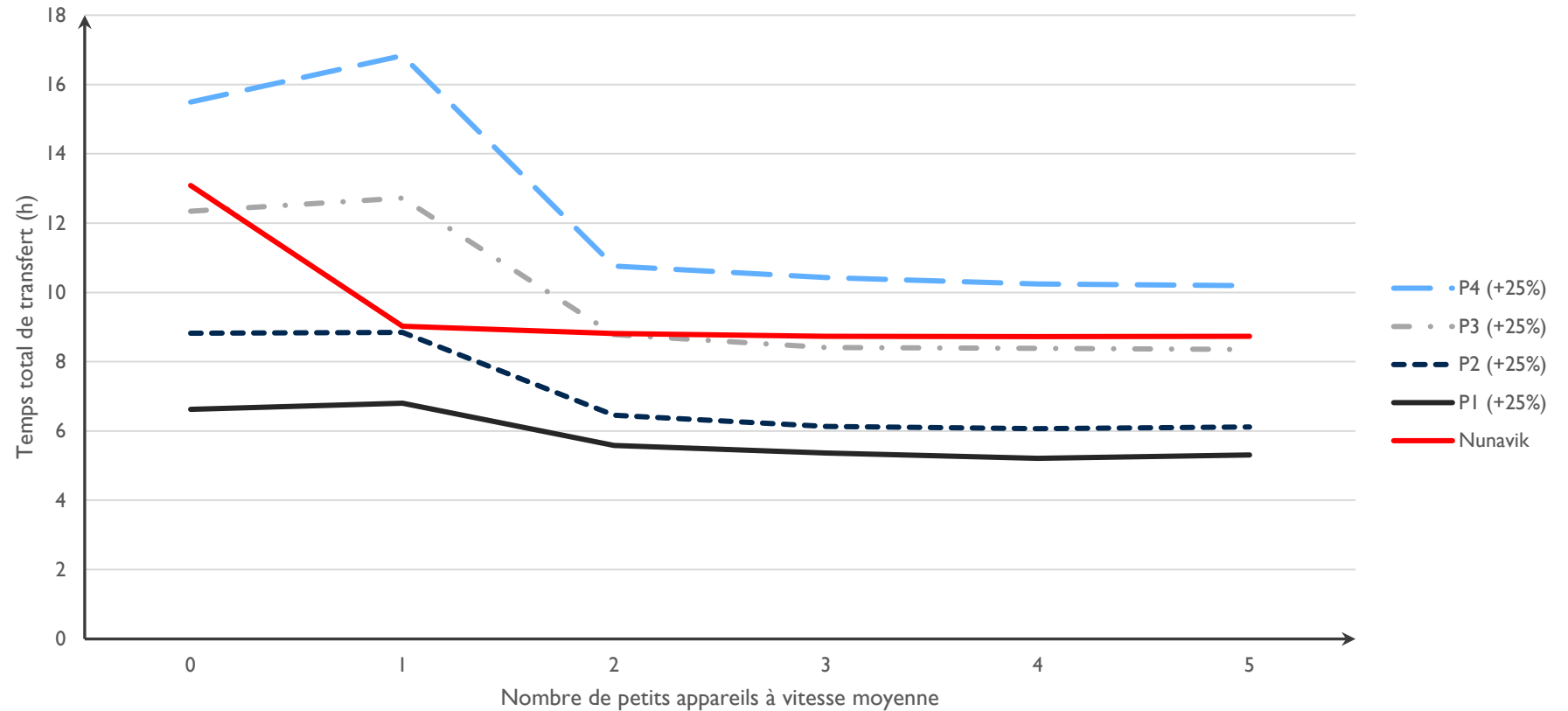
- Ces appareils rapides couvrent les régions qui en ont le plus besoin (Nunavik en 2019 = 16% de la demande)
- Les Challenger sont ménagés
- Des plus petits appareils peuvent être dédiés aux patients à l'intérieur du rayon de 1000 km



# Décisions étudiées

Impact d'une flotte mixte

\*Incluant un appareil de type Challenger pour les transferts de plus de 1000 km

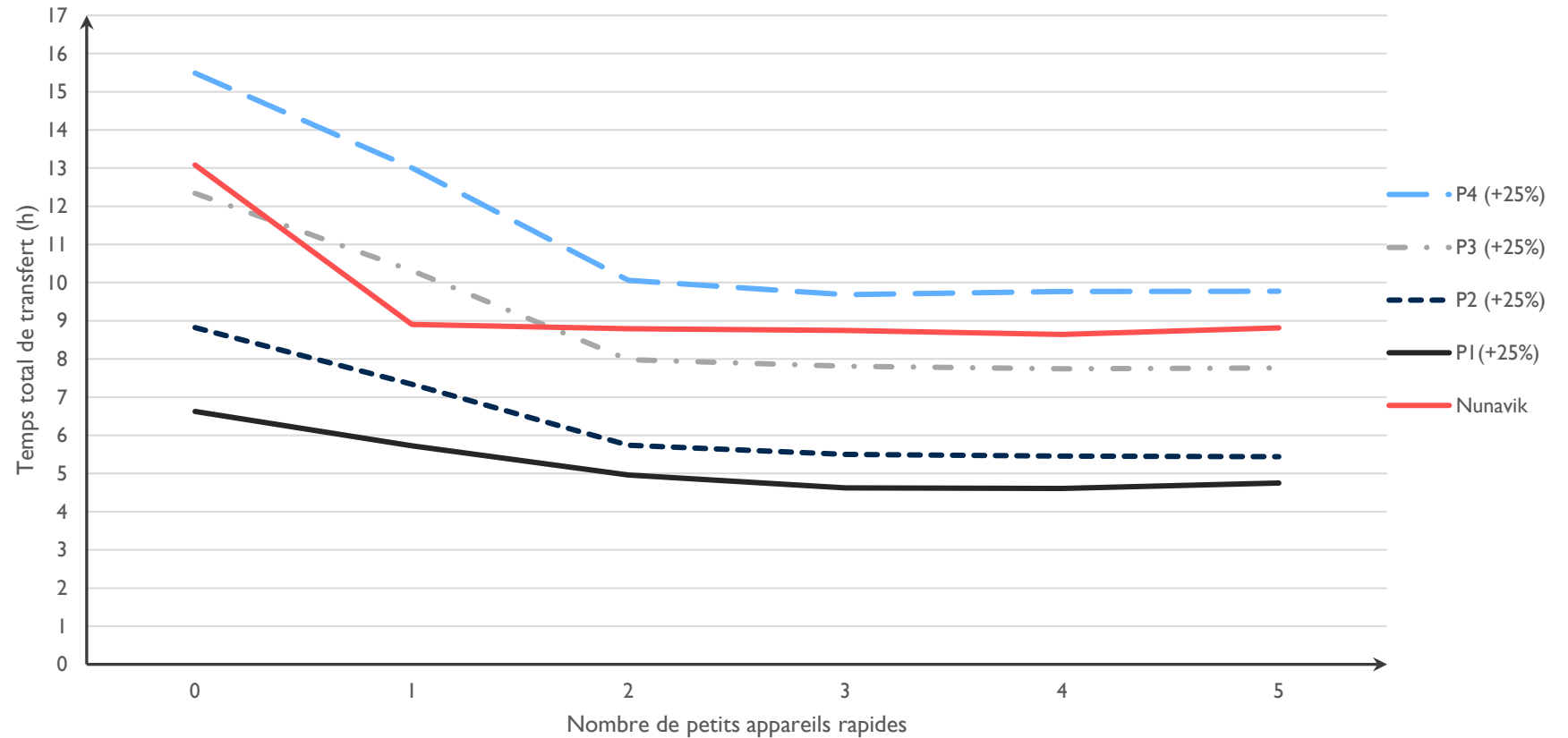


Temps total de transfert selon le nombre de petits appareils de vitesse moyenne avec 25% d'augmentation de la demande

# Décisions étudiées

Impact d'une flotte mixte

\*Incluant un appareil de type Challenger pour les transferts de plus de 1000 km



Temps total de transfert selon le nombre de petits appareils rapides avec 25% d'augmentation de la demande



# Conclusion

## Transferts interhospitaliers d'urgence

Cette recherche a permis de développer une méthodologie pour **quantifier l'impact opérationnel de différentes décisions stratégiques** pour le renouvellement d'une flotte d'avions dédiée au transport interhospitalier d'urgence.

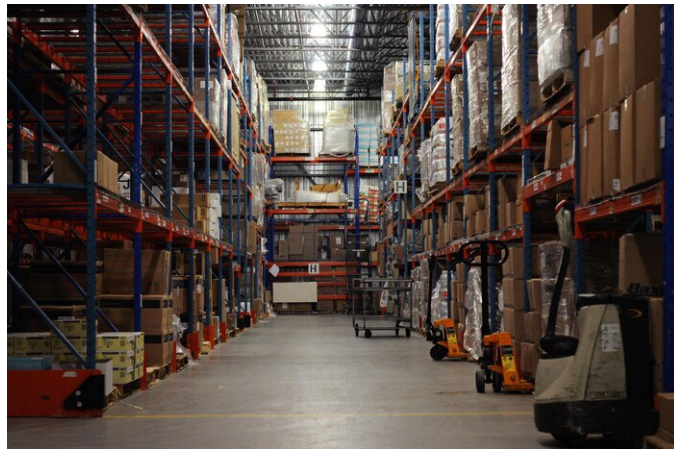
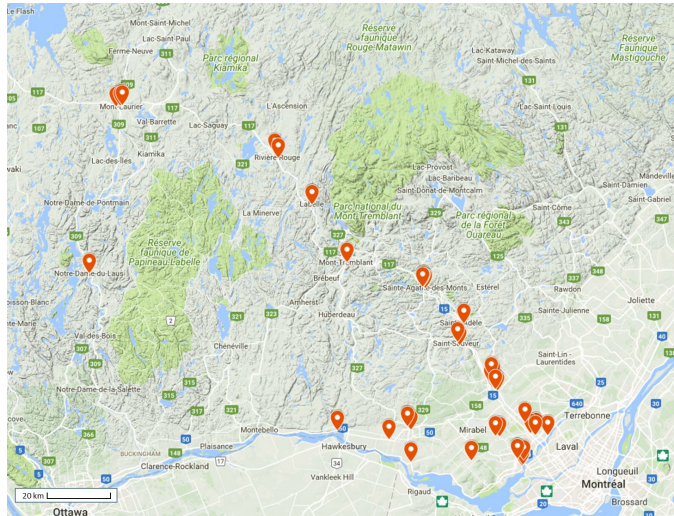
La méthodologie pourrait être **reproduite dans différents territoires** avec des données de bases sur le territoire et la demande.

Des **recommandations concrètes** ont été faites au MSSS et à l'ÉVAQ pour l'achat de futurs appareils.



# Conclusion

D'autres exemples...



## Conception et analyse d'un réseau de distribution de fourniture médicale en contexte régional [CISSS des Laurentides]

- Le CISSS des Laurentides disposait de **8 magasins** stockant des fournitures médicales sur un **territoire de 20 000 km<sup>2</sup>**
- Ces installations étaient disparates et peu adaptées, l'organisation souhaitait donc mieux comprendre **les impacts de la centralisation** de ses magasins.
- Quels seraient **les gains potentiels** (ETC, délai de préparation) à la suite d'une centralisation? Quelle serait la **performance** d'un magasin central?
- Rapport incluant un ensemble de recommandations

**Merci!**

Transferts interhospitaliers d'urgence





# QUESTIONS?



Source: Joëlle Cormier



Source: Joëlle Cormier



Source: Joëlle Cormier

# Coordonnées

**Joëlle Cormier**, candidate au doctorat, HEC Montréal  
joelle.cormier@hec.ca



**Valérie Bélanger**, professeure agrégée, HEC Montréal  
valerie.3.belanger@hec.ca

**Marie-Ève Rancourt**, professeure agrégée, HEC Montréal  
marie-eve.rancourt@hec.ca

