



**Journées québécoises
de valorisation des données**

Valorisation des données à Poly-industries 4.0

Jean-Marc Frayret

Professeur, département de mathématiques et génie industriel



Plan de la présentation

1 – Introduction du Laboratoire Poly-industries 4.0

- Industrie 4.0
- Poly-industries 4.0

2 – Applications de la valorisation des données

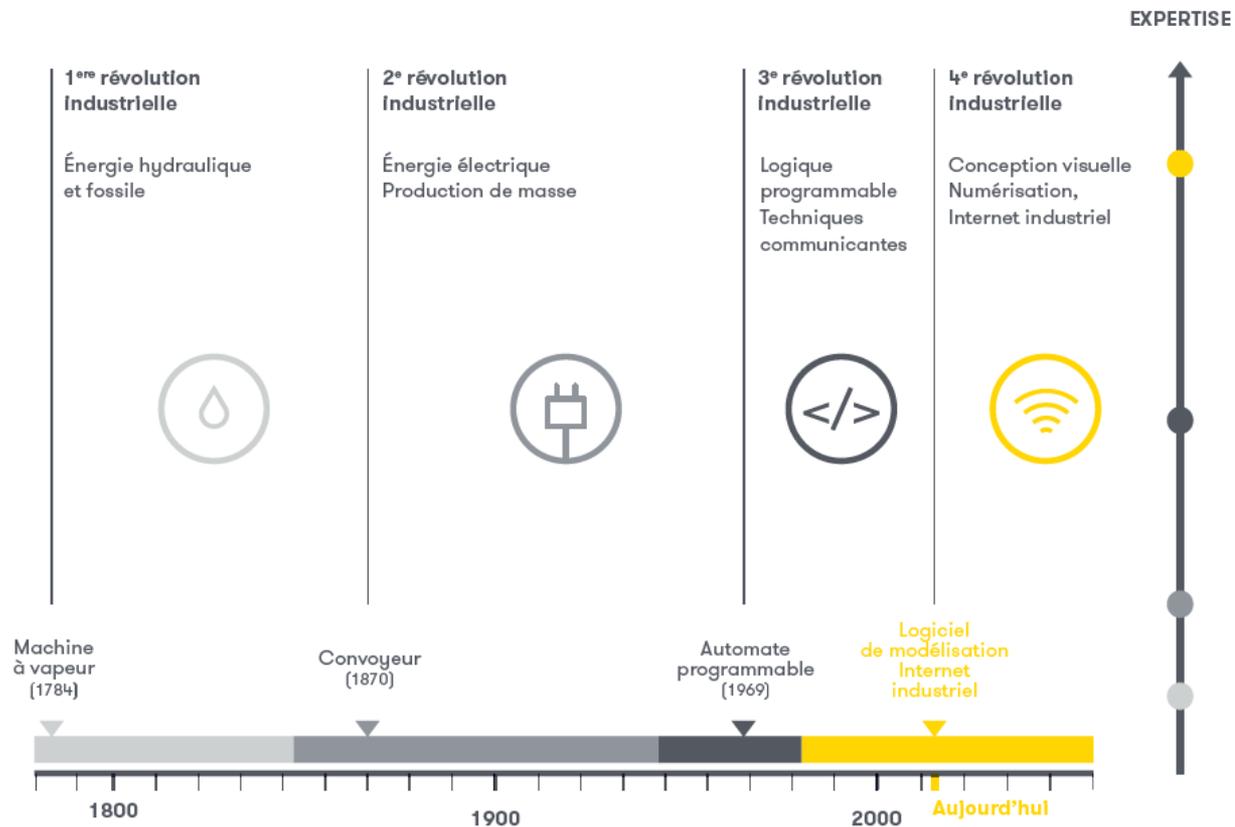
- Vue générale
- Comprendre
- Prédire
- Aider la prise de décisions

3- Conclusion

1 - Introduction du Laboratoire Poly-industries 4.0

1-PI4.0 | Industrie 4.0

Historique



1-PI4.0 | Industrie 4.0

Définition

Industrie 4.0 fait référence à la mise en œuvre de **technologies** permettant de **situer** des « objets » (systèmes, machines, produits, ou personnes) dans leur environnement, et de les **connecter** entre eux, afin de **concevoir** de nouveaux produits, procédés et services, et d'**intégrer** et de **synchroniser** leur fonctionnement en **temps réel**.

1-PI4.0 | Industrie 4.0

Leviers technologiques

Ultimement, Industrie 4.0 va rendre les produits, machines, véhicules, etc., situés, connectés, actifs, et proactifs

- Capacité « d'**observer** » leur environnement (position, température, état d'activités en cours, localisation d'autres objets, etc.)
- Capacité de **communiquer**
- Capacité de **connaître leur propre état** (besoin en maintenance, besoin en approvisionnement, besoin d'aide pour réaliser une activité), de **prendre des décisions** de façon **autonome**, d'**anticiper** l'impact de leurs décisions pour **atteindre des objectifs**, de **collaborer**, etc.

1-PI4.0 | Industrie 4.0

Valorisation de données

Avec Industrie 4.0, de grandes quantités de données sont générées, échangées et valorisées en temps réel, de manière à **augmenter la fonctionnalité** des systèmes et produits, et **d'accroître leur productivité** en:

- personnalisant les produits et services;
- accélérant les flux d'informations;
- optimisant et coordonnant les décisions;
- accroissant l'agilité et l'autonomie des systèmes...

La valorisation des données est un des piliers d'Industrie 4.0.

1-PI4.0 | Poly-industries 4.0

Introduction du laboratoire

Le laboratoire Poly-industries-4.0 est un regroupement de 24 professeurs de 3 départements de Polytechnique, 7 chercheurs associés d'universités québécoises (dont l'ÉTS, et l'Université de Sherbrooke) et européennes.

Le Laboratoire a plusieurs collaborations en cours avec des entreprises québécoises et des institutions gouvernementales.

1-PI4.0 | Poly-industries 4.0

Mission du laboratoire

Le laboratoire Poly-industries-4.0 a pour but de:

- fédérer les travaux de chercheurs québécois dans les domaines des technologies Industrie 4.0 et de la valorisation des données;
- former des étudiants spécialisés pour les besoins des entreprises;
- aider les entreprises et organisations à adopter les nouvelles technologies d'Industrie 4.0 en développant des applications de pointe.

1-PI4.0 | Poly-industries 4.0

Expertises du laboratoire

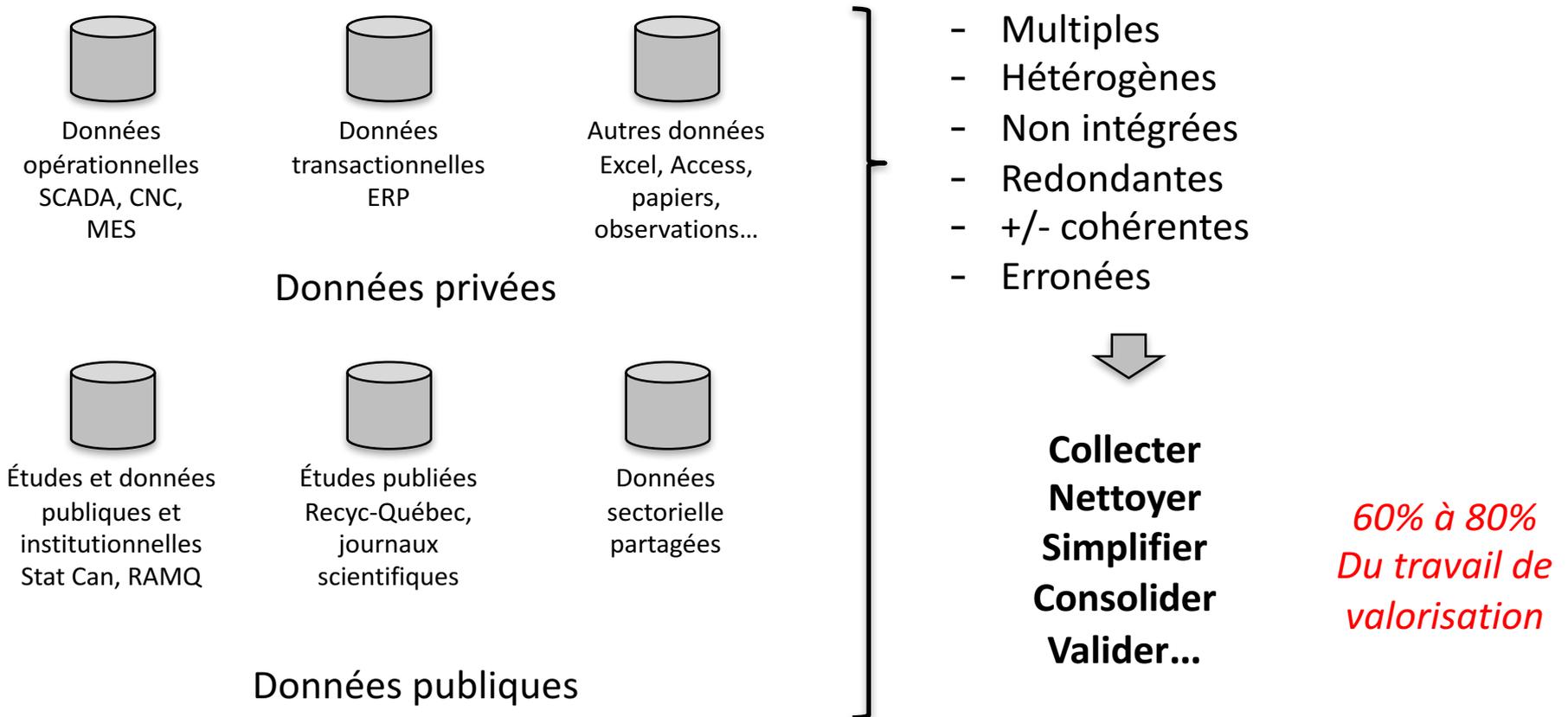
Poly-industries 4.0 adopte une approche multidisciplinaire dans les domaines tels que

- La production et la conception de produits
- La logistique et le transport
- La qualité et la maintenance des biens physiques
- L'ergonomie et la sécurité
 - *Sécurité industrielle*
 - *Ergonomie occupationnelle*
 - *Ergonomie cognitive / interface utilisateur*
- L'innovation et l'entrepreneuriat technologique

2 – Applications de la valorisation des données

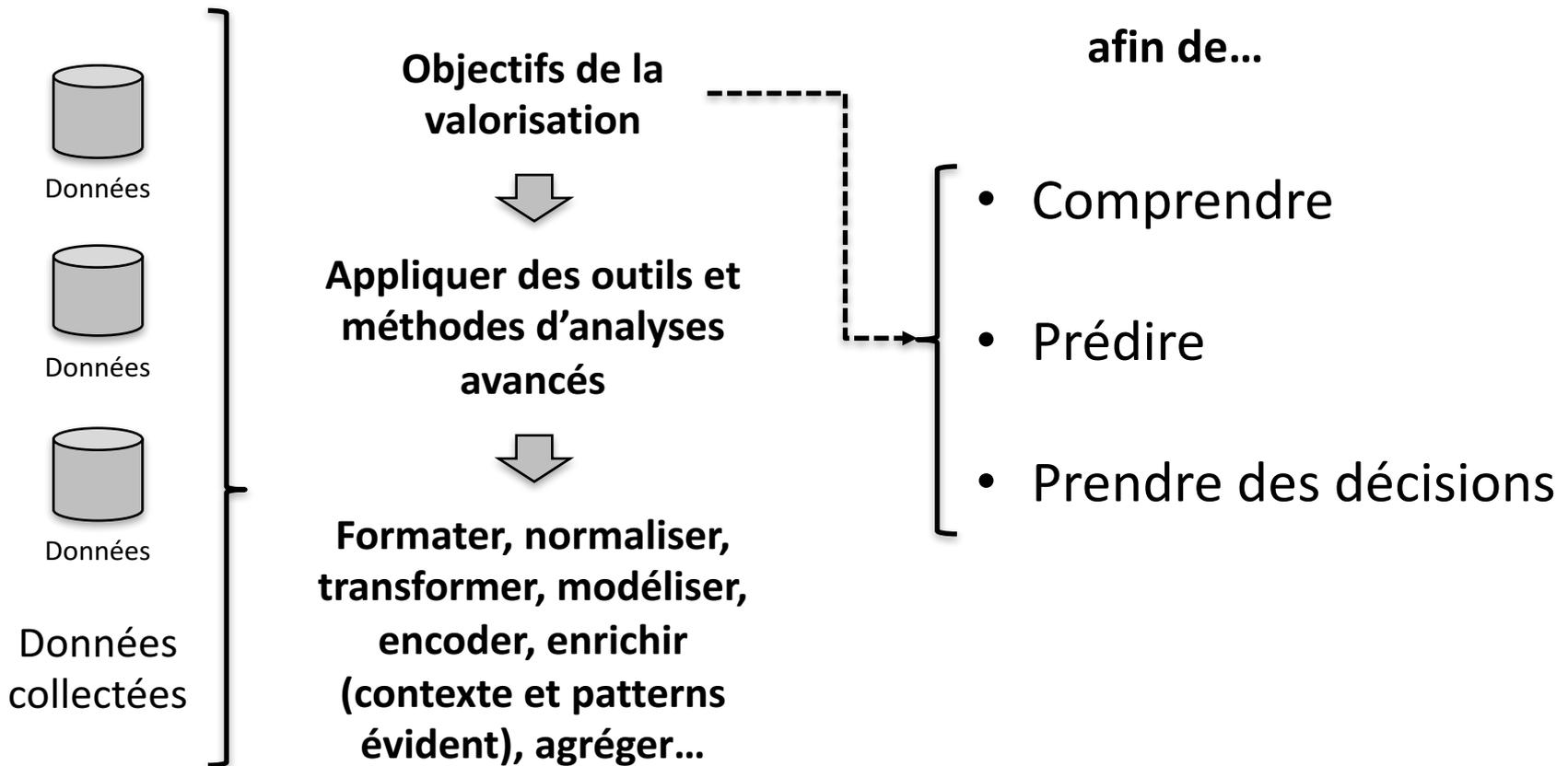
2-Applications | Valorisation des données

Approche méthodologique générale



2-Applications | Valorisation des données

Approche méthodologique générale



2-Applications | Valorisation des données

Approche méthodologique générale

- Comprendre  **Modèles descriptifs**
- Prédire  **Modèles prédictifs**
- Prendre des décisions  **Modèles prescriptifs**

2-Applications | Valorisation des données

Approche méthodologique générale

Modèles prescriptifs

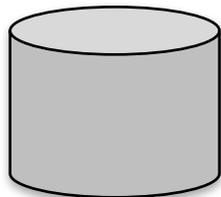
- Optimisation
- Modèles de décision (lien entre « décisions » et objectif(s))

Modèles prédictifs

- Statistiques avancées
- Modèles
- Apprentissage

Modèles descriptifs

- Data mining
- Statistiques



Data



- Patterns
- Information



- Prédiction
- Anticipation



- Décisions
- Actions

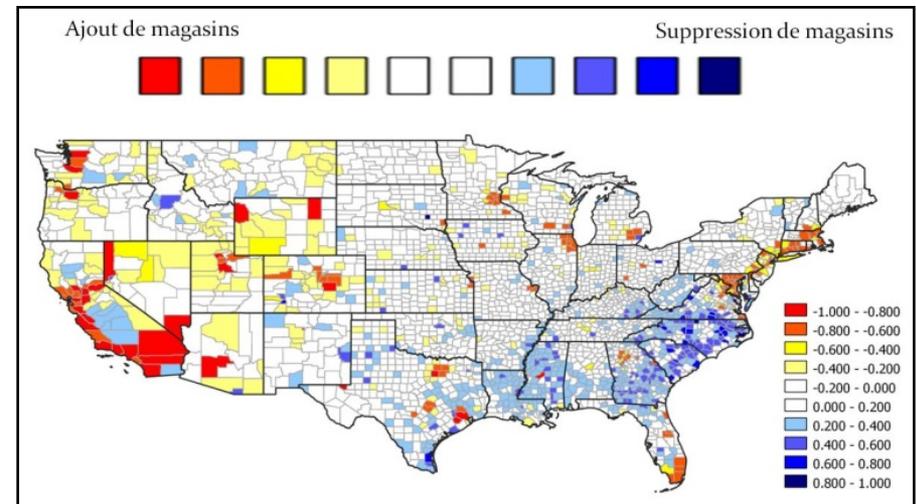
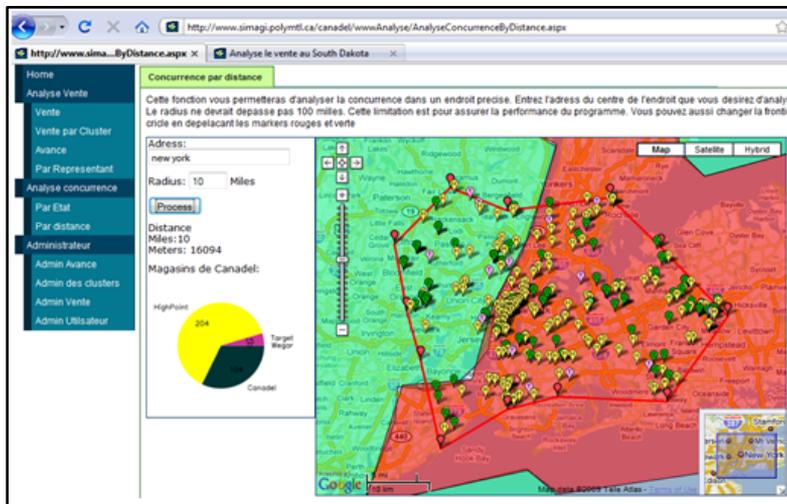
2-Applications | Valorisation des données

Comprendre

Analyse commerciale

(Cecile Locart et Lee Thi Thu Hoa avec le Professeur Bruno Agard)

Utiliser des historiques de ventes pour développer un réseau commercial



Contextualiser l'information pour comprendre et suggérer des options décisionnelles

2-Applications | Valorisation des données

Comprendre

Analyses des habitudes de déplacement

(Li He, Sajjad Ghaemi, avec les Pr. Partovi Nia, Martin Trépanier et Catherine Morency)

Des données de carte à puces aux habitudes de déplacements

| User | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | ... | 24 |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|-----|----|
| X_1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 |
| X_2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 |
| X_3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 |
| X_4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 |
| X_5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | ... | 0 |
| X_6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | ... | 0 |
| X_7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | ... | 0 |
| X_8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 |
| X_9 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 |
| X_{10} | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 |
| X_{11} | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 |
| X_{12} | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | ... | 0 |
| X_{13} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | ... | 0 |



- Classification des comportements de clients (temps et localisation)
- Agrégation par classe de clients
- Analyse des volumes de transactions

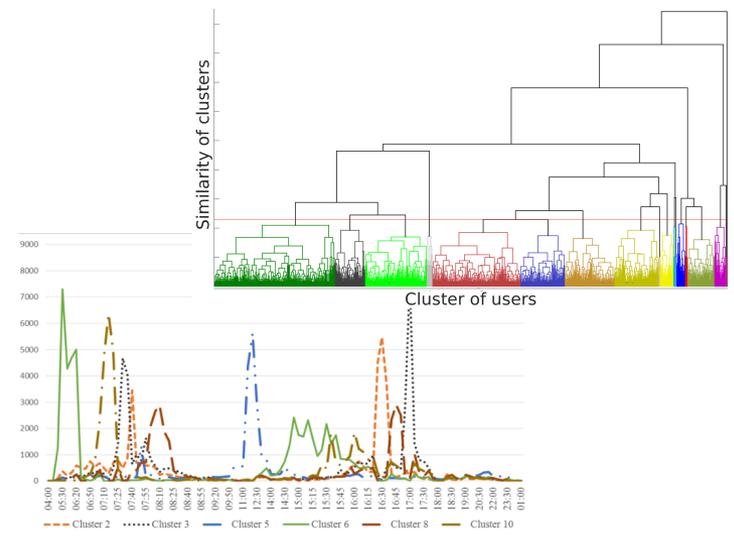


Figure 5. Somme des transactions de chaque groupe pendant les périodes du temps d'un jour

Classifier les données pour comprendre un phénomène

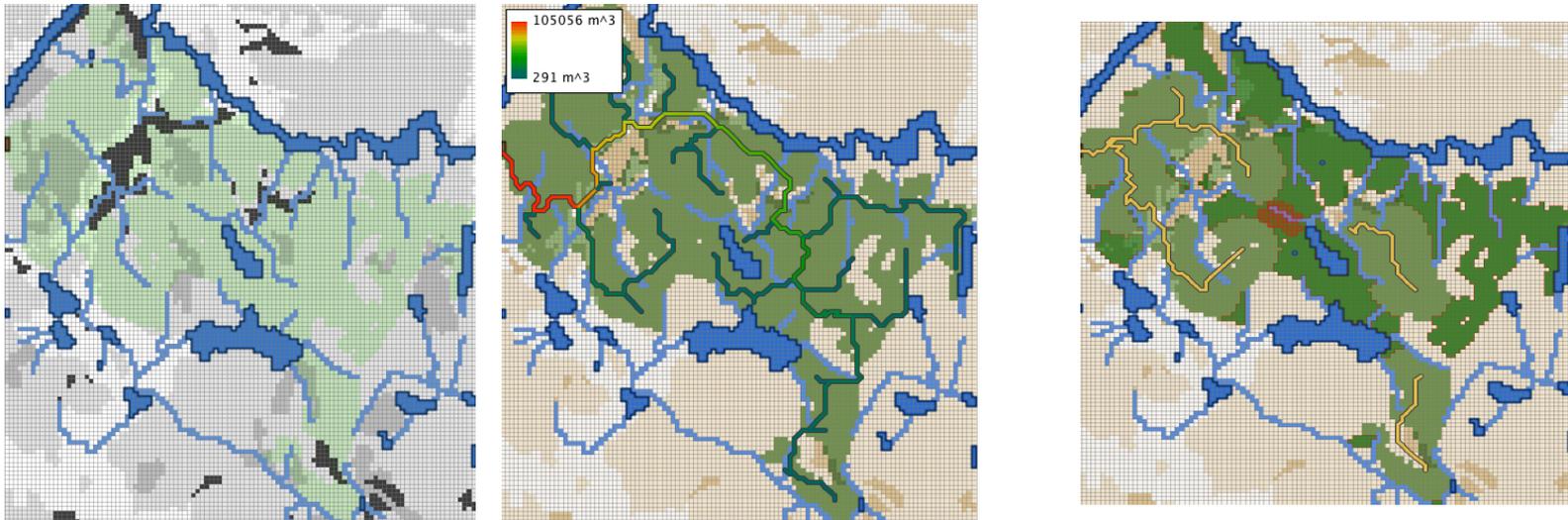
2-Applications | Valorisation des données

Comprendre-prédire-prendre une décision

Construction de chemins forestiers

(David Meignan avec le Professeur Jean-Marc Frayret)

Utiliser des données forestières pour construire des chemins de récolte



Contextualiser l'information et une décision pour comprendre son impact

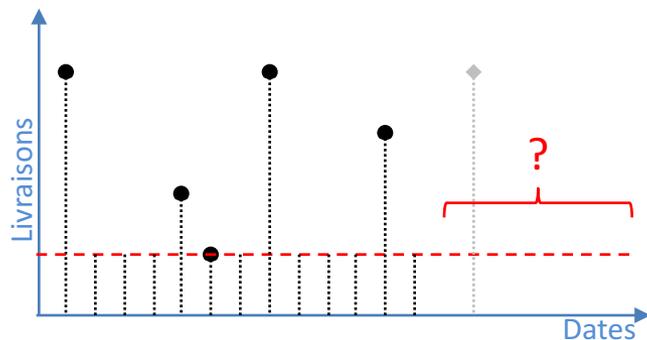
2-Applications | Valorisation des données

Prédire

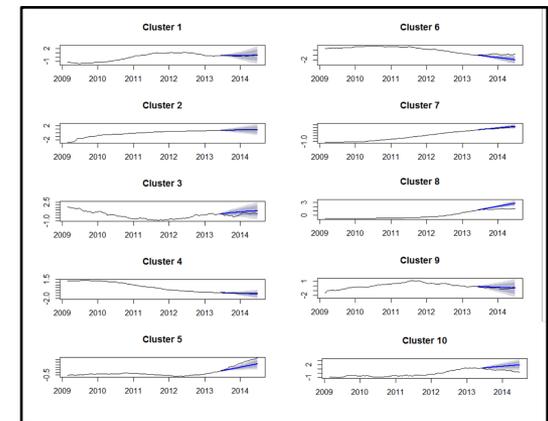
Prédictions de consommation

(Paul Murray et Corey Ducharme, avec les Professeurs Marco Barajas et Martin Trépanier)

Utiliser les historiques des livraisons pour prédire la consommation



- Agrégation dans le temps
- Classification des comportements des clients
- Agrégation par classe de clients
- Lissage



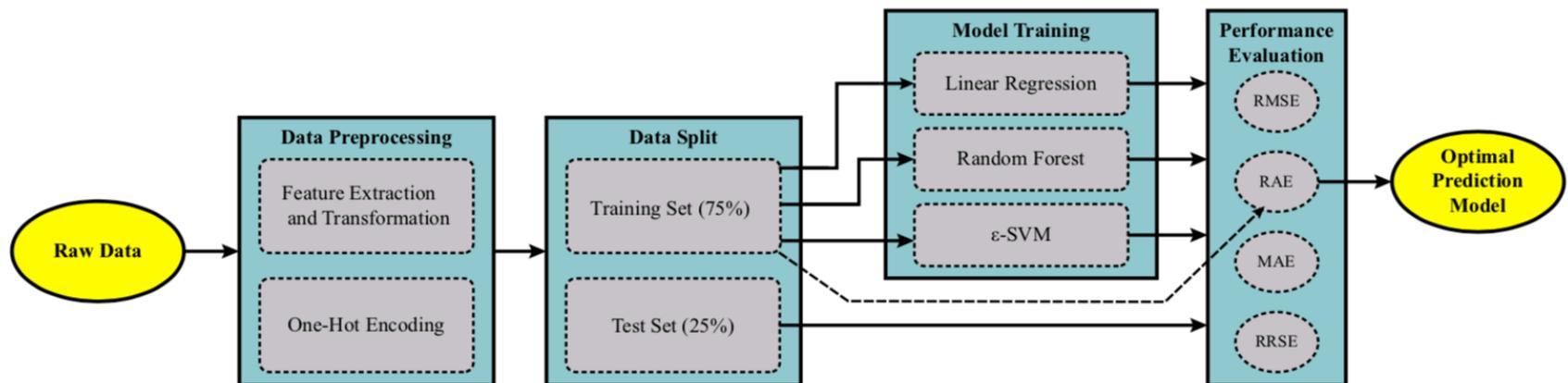
2-Applications | Valorisation des données

Prédire

Prédictions de la durée de chirurgie

(Elnaz Karimi et les professeur Jean-Marc Frayret, Michel Gendreau et Vedat Veter)

Utiliser les historiques des durées de chirurgie, et les attributs des patients, chirurgiens et du système de gestion, pour prédire la durée des opérations



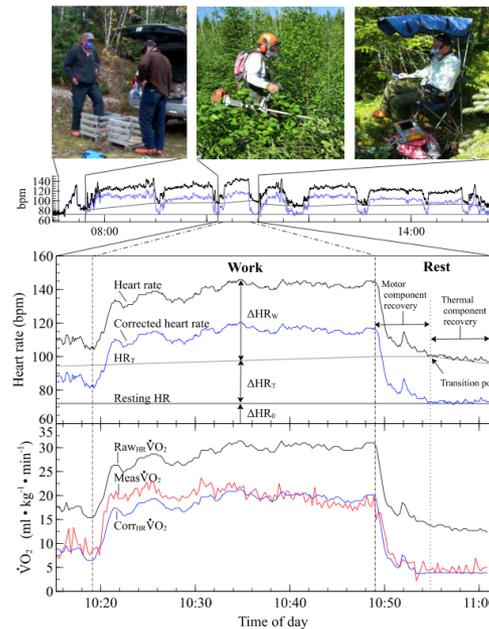
2-Applications | Valorisation des données

Prédire

Prédictions de l'effort de tâches

(Dubé, avec les professeurs Imbeau, Dubeau, Lebel, Kolus)

Prédire la $\dot{V}O_2$ à partir de la fréquence cardiaque



- Impacts des conditions de température et d'humidité sur la fatigue
- Planification des cycles de travail-repos

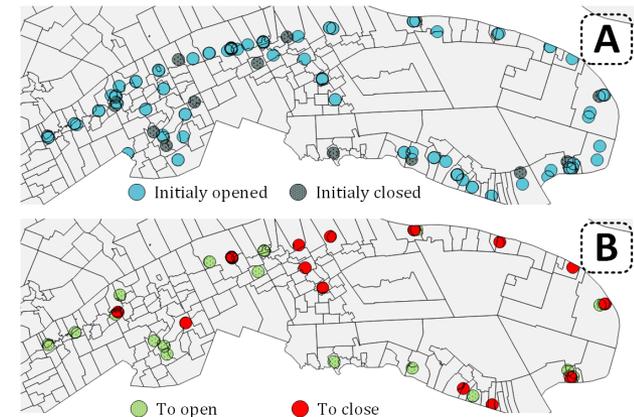
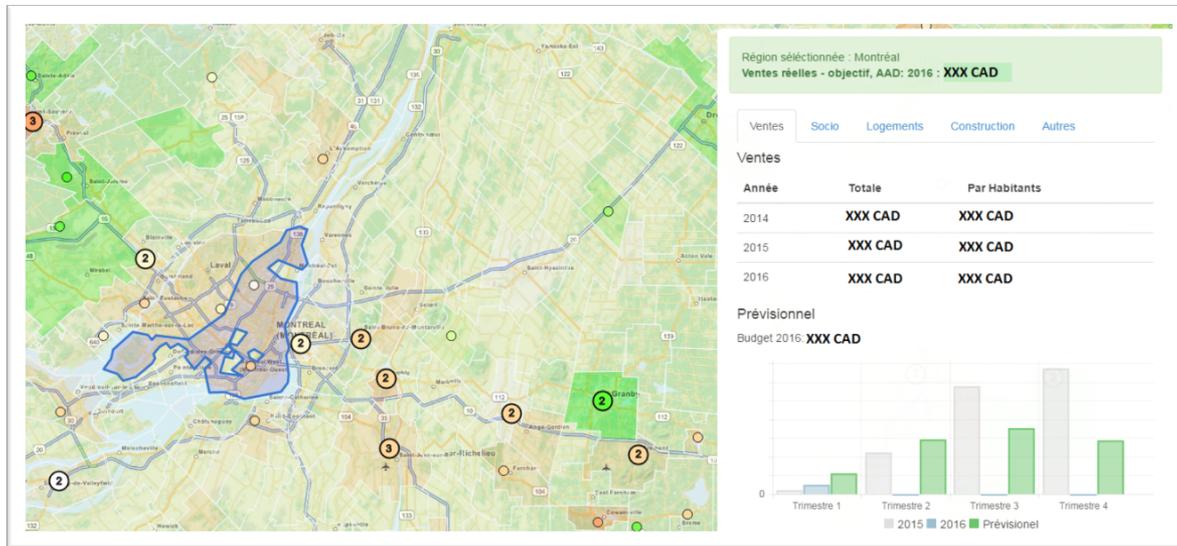
2-Applications | Valorisation des données

Aider à prendre des décisions

Optimisation de la chaîne logistique

(Gautier Daras, avec les Professeurs Bruno Agard et Bernard Penz)

Utiliser des historiques de ventes pour optimiser une chaîne logistique



2-Applications | Valorisation des données

Aider à prendre des décisions

Optimisation de l'approvisionnement en billes de bois francs (Alvaro Gil, avec le Professeur Jean-Marc Frayret)

Utiliser des données de simulation pour définir les caractéristiques des billes pour chaque types d'applications (moulure, planché, panneau, palette...)

Input

| Log | DGB (cm) Diameter | Diameter 1m of DGB | DFB (cm) End diam. | Length (m) | End Diameter MRN (cm) | Percentage of cavities | Heart % respect DFB | Heart % respect MRN | Deduction MRN | Clear faces | Position | Quality MRN | Quality PETRO |
|-----|-------------------|--------------------|--------------------|------------|-----------------------|------------------------|---------------------|---------------------|---------------|-------------|----------|-------------|---------------|
| 1 | 34.5 | 27.7 | 27.4 | 2.54 | 28 | 23% | 62% | 40% | 51% | 3 | B | Pâte | Pâte |
| 2 | 37.4 | 31.7 | 28.5 | 2.56 | 28 | 0% | 42% | 18% | 0% | 3 | B | B | F3 |
| 3 | 31.2 | 25.9 | 22.8 | 2.48 | 22 | 1% | 61% | 33% | 6% | 4 | B | C | F3 |
| 4 | 31.5 | 29.1 | 22.5 | 2.58 | 22 | 2% | 31% | 9% | 23% | 3 | B | Pâte | F3 |
| 5 | 30.5 | 24.2 | 23.9 | 2.46 | 24 | 0% | 21% | 3% | 13% | 4 | B | C | F3 |
| 6 | 43.2 | 39.9 | 36.0 | 2.50 | 36 | 0% | 44% | 13% | 0% | 4 | B | B | F2 |
| 7 | 25.4 | 25.2 | 24.6 | 2.54 | 24 | 0% | 16% | 5% | 9% | 3 | B | C | F3 |
| 8 | 25.6 | 21.5 | 21.5 | 2.54 | 22 | 1% | 33% | 15% | 5% | 2 | U | C | F3 |
| 9 | 29.5 | 28.0 | 29.0 | 2.54 | 28 | 1% | 59% | 31% | 4% | 3 | U | C | F3 |
| 10 | 42.2 | 38.6 | 33.6 | 2.54 | 34 | 6% | 42% | 17% | 16% | 1 | B | B | F2 |

Simulation

Output

| # Log | Floor pmp/m² | Floor S/Mpmp | Wardrobe pmp/m² | Wardrobe S/Mpmp | Staircase pmp/m² | Staircase S/Mpmp | Paneling pmp/m² | Paneling S/Mpmp | Cabinet pmp/m² | Cabinet S/Mpmp | Molding pmp/m² | Molding S/Mpmp | Palette pmp/m² | palette S/Mpmp |
|-------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | 35.8 | 1,494.4 | 16.2 | 3,396.5 | 11.7 | 4,708.2 | 16.2 | 3,390.5 | 53.9 | 1,020.5 | | | 8.5 | 6,503.4 |
| 2 | 33.8 | 2,283.3 | 39.0 | 1,981.0 | 42.3 | 1,826.4 | 32.1 | 2,403.7 | 63.1 | 1,224.5 | 6.7 | 11,462.5 | 44.9 | 1,719.1 |
| 3 | 14.4 | 4,908.6 | 10.5 | 6,758.5 | 10.9 | 6,526.9 | 11.6 | 6,116.6 | 47.3 | 1,499.4 | | | 70.0 | 1,012.3 |
| 4 | 54.8 | 1,004.1 | 6.7 | 8,248.9 | 6.7 | 8,183.4 | 7.9 | 6,923.5 | 62.3 | 882.5 | | | 68.5 | 802.3 |
| 5 | 66.2 | 1,071.4 | | | | | | | 63.5 | 1,116.1 | | | 9.2 | 7,735.7 |
| 6 | 0.8 | 93,142.9 | 111.6 | 692.1 | 123.7 | 624.6 | 113.7 | 679.4 | 32.4 | 2,386.3 | 68.8 | 1,123.4 | 35.8 | 2,159.0 |
| 7 | 44.9 | 1,577.7 | 30.3 | 2,336.2 | 31.9 | 2,223.8 | 27.9 | 2,537.8 | 58.4 | 1,212.7 | | | | |
| 8 | 33.4 | 2,122.3 | | | | | | | 27.9 | 2,539.2 | | | 95.1 | 744.9 |
| 9 | 69.4 | 1,021.5 | 11.5 | 6,188.6 | 21.8 | 3,258.0 | 7.7 | 9,208.5 | 80.1 | 885.0 | | | 31.6 | 2,240.6 |
| 10 | 50.2 | 1,538.9 | | | 39.9 | 1,938.2 | | | 91.2 | 847.0 | | | 30.7 | 2,519.9 |

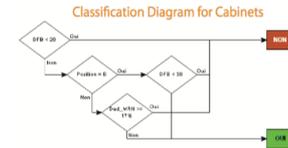
Transformation des données



Classification

Threshold = 90%

| F | W | S | P | C | M | T |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |



| | Floor | | Wardrobe | | Staircase | | Paneling | | Cabinet | | Molding | | Palette | |
|--------------------------|----------|---------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|----------|----------|---------|-------|----------|------------|
| Position | U | B | | | B | | | U | B | | | | | |
| Minimal diameter | >= 32 cm | < 32 cm | 26 à 32 cm | >= 34 cm | 26 à 30 cm | >= 32 cm | 26 à 32 cm | >= 34 cm | >= 26 cm | >= 38 cm | | | <= 22 cm | 24 à 26 cm |
| Clear faces | 0 à 1 | >= 2 | >= 3 | 4 | 0 à 3 | 4 | 3 à 4 | 4 | 0 à 3 | | | 4 | | |
| Heart's size point's end | | | | < 45% | < 28% | | < 45% | | | | | < 46% | | >= 32% |
| % Deduction MRN | | > 12% | | | | | | | < 17% | | < 7% | | | |

4 Conclusion

4- conclusion

La valorisation des données dans un contexte d'Industrie 4.0 est un processus **multidisciplinaire** et **spécifique** à chaque opportunité de valorisation.

Chaque opportunité de valorisation de données nécessite la **définition d'objectifs** particuliers qui guident l'application de valorisation qui est mise en œuvre.

La performance de l'application de valorisation est tributaire de la **qualité des données** et, éventuellement des méthodes utilisées.

Merci

Question ?