IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

De Bermudes à ORIGIN:
le 30 ans de groupe

TARIFICATION DYNAMIQUE ET ORDONNANCEMENT CONJOINTS POUR UNE PLATEFORME DE FABRICATION À LA DEMANDE AVEC PARTAGE D'INFORMATIONS SUR L'ÉTAT DE LA PRODUCTION

12 novembre 2026

Présentateur:
Aliaksandr Nekrashevich

Co-auteurs:
Alexandre Dolgui
Valeria Borodin
Simon Thevenin

E-mail: aliaksandr.nekrashevich@ls2n.fr
Telegram: @nekrald
LinkedIn: www.linkedin.com/in/nekrald

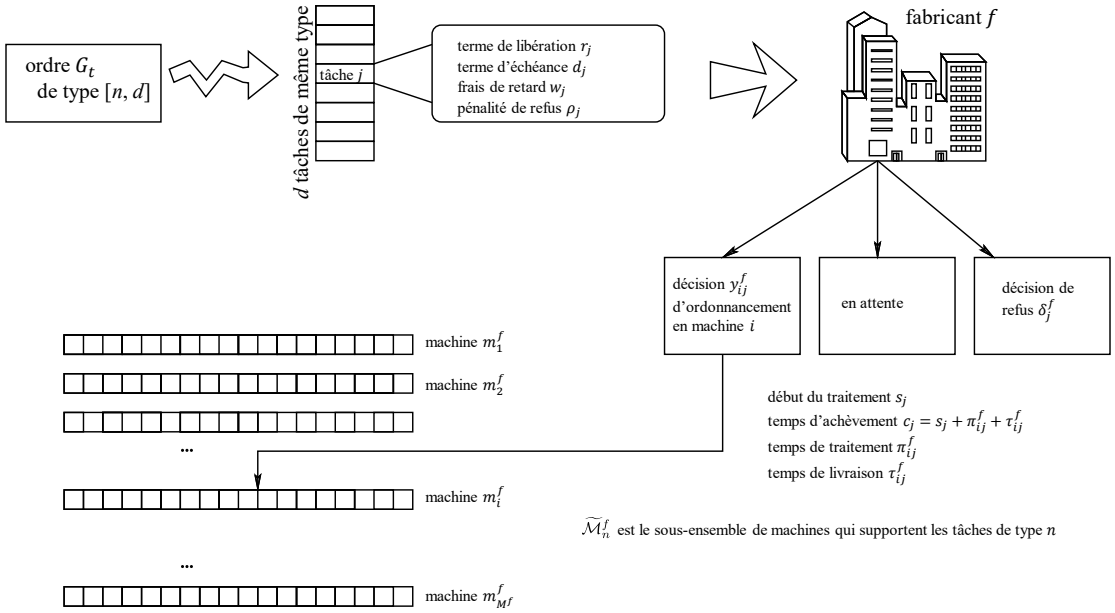
PROJET ACCURATE À L'IMT ATLANTIQUE

Partenaires industriels: Airbus, TRONICO, Aumovio SE
Contexte: composants d'avion et réparations, électroniques générales, électroniques de voitures

Les opportunités:

- **Externe:** externaliser capacité disponible pour marché au comptant (Airbus, TRONICO)
- **Interne:** Gestion de risques et accélération de comptabilité interne avec la plateforme unifiée

Suggestion: Marché pour la fabrication en tant que service



- **Industrie pertinente:** fabrication de PCB, impression 3D, fabrication de tôles métalliques
- **Les problèmes:** gestion de capacité disponible, tarification, ordonnancement

Domaine de recherche:

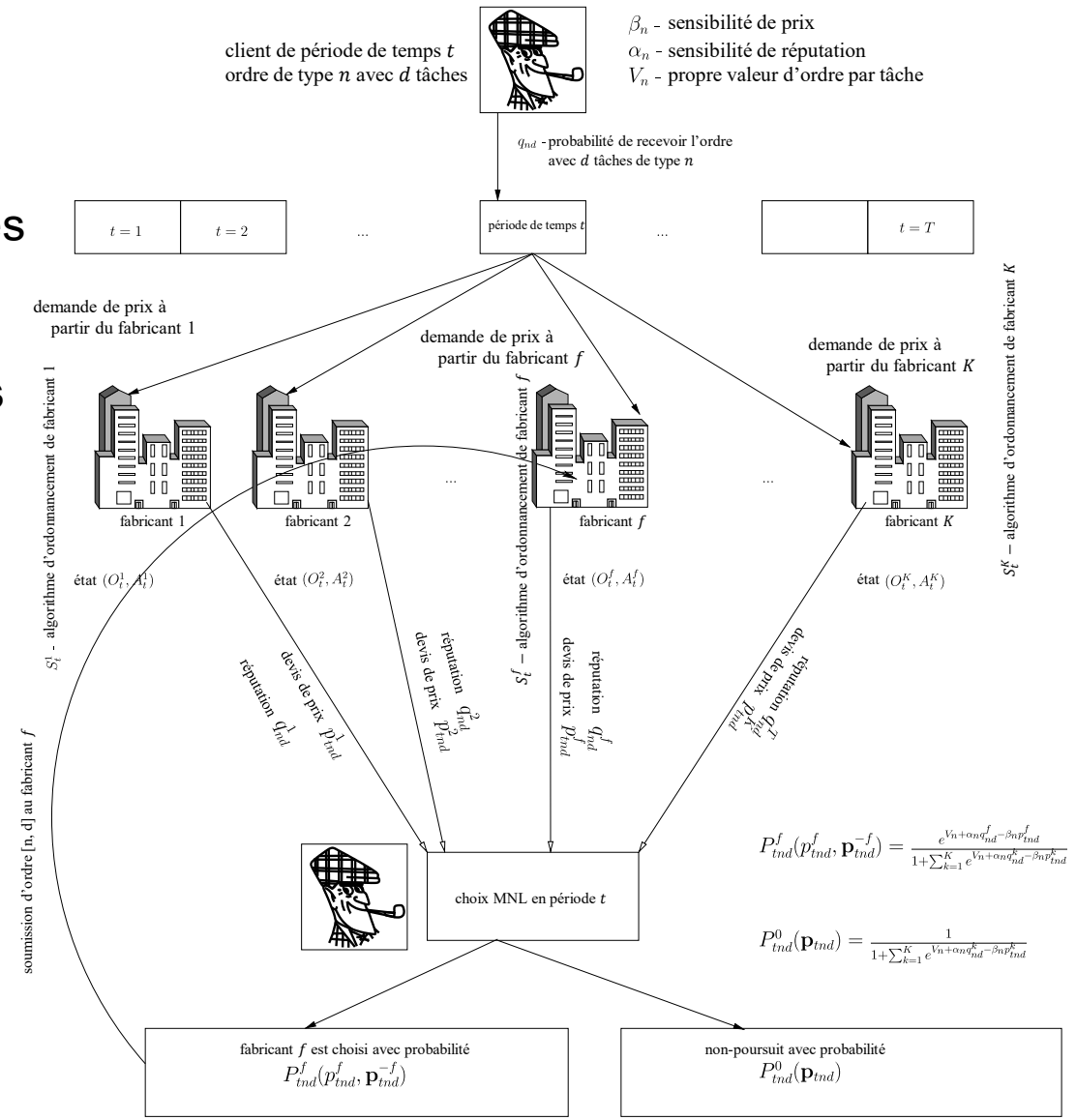
- Planification de la chaîne d'approvisionnement
- Décisions de tarification et d'ordonnancement intégrées
- **Difficulté**: composants combinatoires et continus

IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

COMPOSANT DE TARIFICATION DU PROJET ACCURATE

- Plusieurs fabricants, **équilibre dynamique**
- Les **réseaux de prix discret**
- **Choix MNL** basé sur les modèles des utilités paramétriques
- Seul fabricant en cas particulier, système de **gestion de revenus**
- Le choix MNL des opportunités de poursuit ou non-poursuit, ou en alternatif, décision basée sur **désir de payer**

- Prix constant
- Prix statique
- Prix dynamique
- Prix déroulé
- Prix imbriqué



IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

APPROCHE DE RÉSOLUTION

Monopole: seul fabricant

1. Prix statiques par recherche génétique:

Politique de tarification = tableau de prix (périodes × types d'ordres)

Approche: algorithme génétique

2. Approche déroulée:

- Tester chaque prix à l'instant présent,
- Estimer le futur avec la politique statique par Monte-Carlo,
- Choisir le plus rentable

Oligopole: plusieurs fabricants

a. Équilibre en prix statiques — les prestataires mettent à jour leurs tableaux de prix itérativement par algorithme génétique

b. Meilleure réponse déroulée face à des tarifications statiques des compétiteurs

c. Équilibre de Nash en tarification déroulée — table de profits sur toutes les combinaisons de prix courants, équilibre de Nash mixte, décision de prix par le point d'équilibre

EXPÉRIENCES ET RÉSULTATS

Ce que testent les expériences:

Q1. L'heuristique **déroulée** est-elle proche de la **tarification dynamique**?
Q2. Combien de revenus supplémentaires sont générés par la tarification dépendante de l'état de fabrication?
déroulé relativement à **statique**
Q3. La recherche d'équilibre: **stabilisation**.
Q4. Effets de la tarification dynamique en situation de **compétition**
Q5. Quel en est le **coût de calcul** ?

Cadre: C++, Python, Cython, FICO Xpress, Gurobi, AMPL

Expériences:

1. Monopôle, dynamique sur profil
2. Monopôle, cas général
3. Oligopole, dynamique sur profil
4. Oligopole, cas général

MONOPOLE: DYNAMIQUE SUR PROFIL

Résultat 1: déroulé est proche de complètement dynamique sur les petits cas de monopole
Résultat 2: ordonnancement **FIFO** avec tarification dynamique **ne prend pas beaucoup de différence** en cas petit pour complètement dynamique ordonnancement et tarification

Période	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Completement Dynamique	56.25	81.0	122.94	172.53	219.28	277.68	323.22	373.07	423.02	472.86
FIFO Dynamique	56.25	81.0	122.94	172.53	219.28	277.68	323.22	373.07	423.02	472.86
Déroulé	56.25	81.0	122.94	162.69	213.72	266.46	321.8	369.23	421.77	451.96
Recherche Genetique	56.25	81.0	116.28	149.49	184.7	227.64	268.03	329.81	366.82	398.23
Recherche Statique	56.25	81.0	116.28	149.49	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Recherche Constante	18.22	36.22	77.62	96.53	101.47	144.78	173.34	223.01	263.82	305.29
Période	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Completement Dynamique	530.95	576.41	626.74	676.95	726.78	784.86	830.39	880.75	930.97	980.81
FIFO Dynamique	530.95	576.41	626.74	676.95	726.78	784.86	830.39	880.75	930.97	980.81
Déroulé	522.47	568.28	620.83	672.4	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Recherche Génétique	451.68	491.86	546.79	582.79	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Recherche Constante	350.91	380.58	431.07	472.49	514.21	559.98	589.86	640.52	682.06	723.85

MONOPOLE: CONFIGURATION GÉNÉRALE

Résultat 3: La tarification dépendante de l'état est **rentable**

Configuration	Statique	Deroulé	MIP Gurobi	Gurobi Rélaxé
Minimum	[118.05, 127.15]	[379.44, 428.19]	[937.07, 1012.64]	[945.65, 1023.35]
Petit	[957.56, 1289.68]	[2948.00, 3388.12]	[1244.62, 1732.83]	[8943.49, 9866.51]
Moyen	[2144.61, 2725.88]	[5331.86, 6038.24]	[344.93, 932.36]	[8943.49, 9866.51]

Le déroulé est plus rentable avec confiance !

Configuration	Intervalle de confiance
Minimum	[2.15, 2.58]
Petit	[2.43, 5.3]
Moyen	[1.45, 2.43]

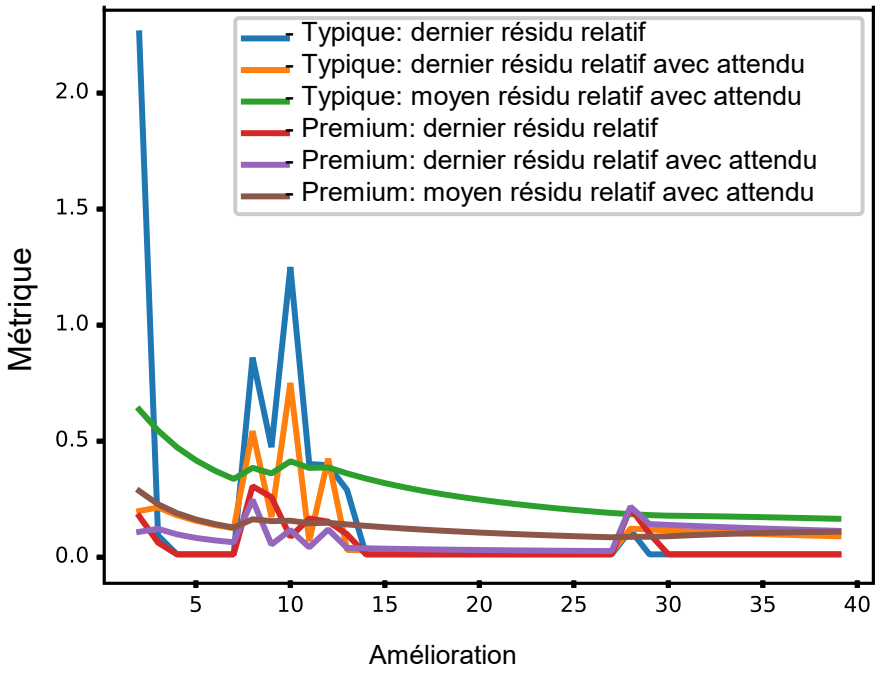
Profit relatif à 95 % de confiance : +215 à 258 % au minimum, +243 à 530 % au petit, +145 à 243 % au moyen.

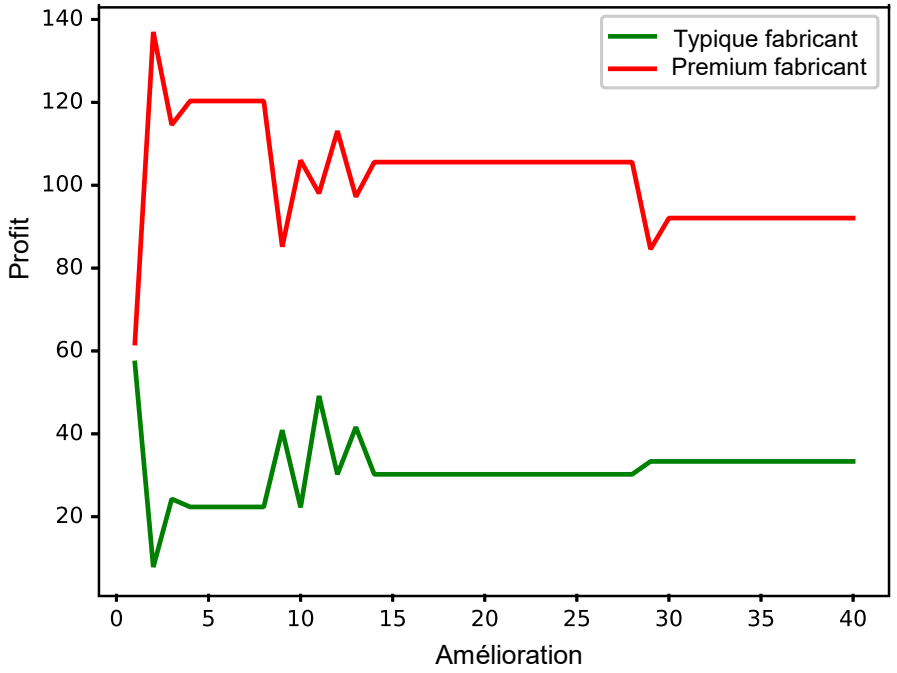
IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

OLIGOPOLE: DYNAMIQUE SUR PROFIL

Résultat 4: la recherche d'équilibre **se stabilise**

- Fortes oscillations pendant les 14 premières améliorations
- Stabilité sur les 5 derniers tours





Niveau amélioration

IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

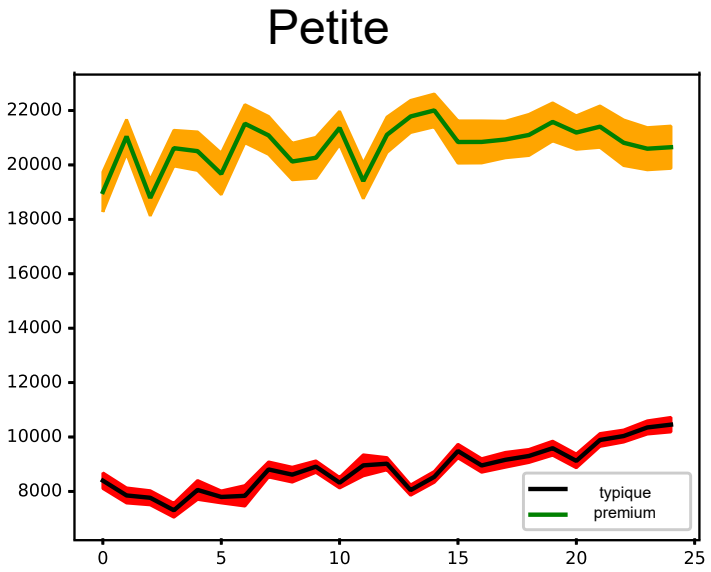
OLIGOPOLE: DYNAMIQUE SUR PROFIL

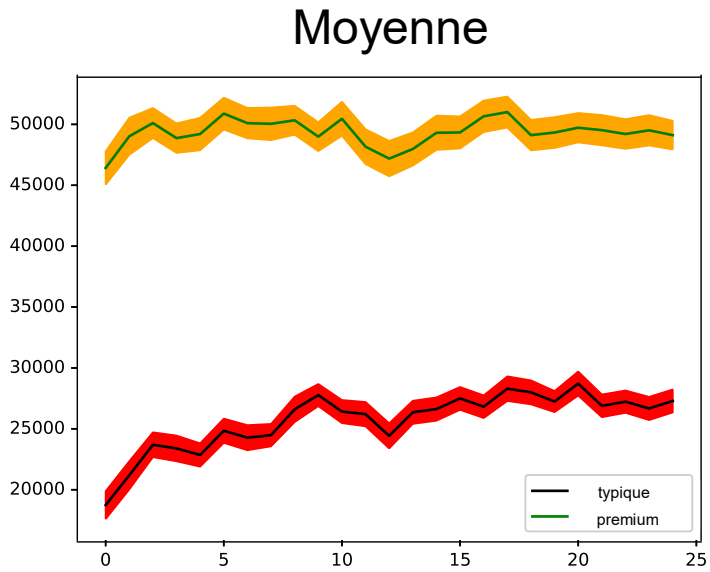
Horizon Temporel	Dynamique: Typique	Dynamique: Premium	Déroulé: Typique	Déroulé: Premium	Statique: Typique	Statique: Premium
3	29.77	61.07	11.51	68.28	8.19	65.24
4	41.21	67.4	25.62	60.08	17.43	67.54
5	54.68	98.67	34.02	94.35	17.51	91.58
6	63.11	106.89	43.96	99.03	32.82	91.55
7	81.2	133.87	47.78	135.84	45.17	130.25
8	88.12	145.69	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
9	117.77	173.45	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
10	128.29	189.03	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.

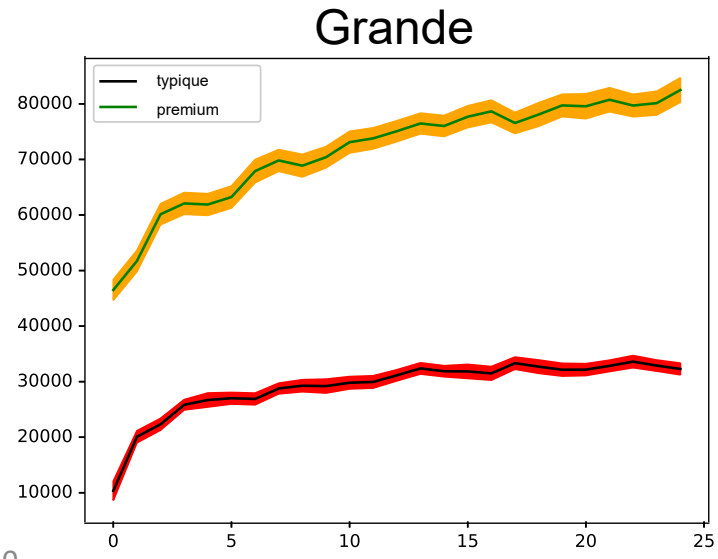
Résultat 5: En duopole sur profil, la tarification dynamique **profite pour le fabricant typique**

- Le profit du premium dépend peu de la méthode de tarification
- Celui du standard augmente beaucoup entre statique et dynamique

OLIGOPOLE: CONFIGURATION GÉNÉRALE







Résultat 6: deux régimes de concurrence

1. **Division du marché** stable pour les configurations de taille petite et moyenne
2. **Croissance mutuelle** en taille grande

OLIGOPOLE: CONFIGURATION GÉNÉRALE

Configuration	Approche	Typique	Premium
Petit	Statique	[7537.43, 8052.05]	[20388.76, 21560.74]
Petit	Déroulé	[7466.24, 8417.91]	[22693.39, 23881.2]
Petit	Gurobi	[496.1, 686.9]	[46459.62, 48555.38]
Moyen	Statque	[22596.95, 24234.87]	[55236.11, 57741.21]
Moyen	Deroulé	[24525.35, 26331.2]	[62493.68, 64237.88]
Grande	Statique	[35094.81, 38504.87]	[81263.53, 86790.13]
Grande	Deroulé	[46338.51, 49934.36]	[82426.27, 86282.38]

- **Borne en information parfaite** pour taille petit:
  - le déroulé atteint ≥64,9%
  - et la statique ≥59,8 % du profit total maximal

- Déroulé et statique, **profit total** :
  +8,55 % petit, +11,13 % moyen, +9,65 % grande

IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

RÉSUMÉ

Merci de votre attention!

À retenir:

- **Scientifique**: un ordonnanceur boîte noire est intégré dans une tarification dynamique dépendante de l'état et temps
- **Managérial**: les fabricants profiter plus quand tarifent dynamiquement selon l'état de production et période de temps
- **Point de la plateforme**: partager l'information sur l'état peut faire grandir le marché au total, que nous regardons en cas de croissance mutuelle

Contribution:

1. **Modèle** de configuration de **plusieurs fabricants** avec le **choix** paramétrique MNL fondé sur l'utilité clientèle. **L'équilibre approximatif dynamique** déroulé
2. Dynamique stochastique modèle de gestion de revenus basé sur **les décisions intégrées** de prix dynamique et ordonnancement
3. Le modèle de **prix stochastique et dynamique** basé sur l'état de fabrication qui supporte **le composant d'ordonnancement indépendant**