

# Configuration des véhicules & ordonnancement des essais de validation sur les véhicules

Nawel Younes, Alain Nguyen et Siham Essodaigui

Renault, France

nawelyounes@gmail.com

{alain.nguyen,siham.essodaigui}@renault.com

**Mots-clés :** *CP Optimizer, ordonnancement, configuration des véhicules, essais de validation, machines parallèles spécialisées, fenêtres de temps, time-lags, optimisation multicritère*

## 1 Problématique métier

Avant sa commercialisation, tout nouveau modèle nécessite un grand nombre d'essais de validation, avec la sophistication croissante des véhicules connectés et dotés de nombreuses aides à la conduite. Ces tests sont réalisés sur des véhicules prototypes, produits en usine selon un planning prédéfini et particulièrement coûteux.

Chaque test nécessite une configuration particulière de véhicule, requiert des options obligatoires sur le véhicule et peut interdire d'autres options, est réalisé sur un site de validation, enfin doit être effectué avant une date échéance fixée par le client de l'essai.

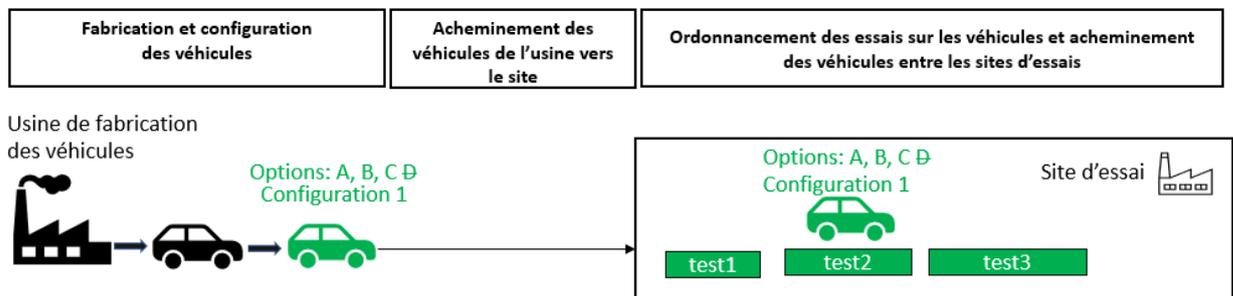


FIG. 1 – Description du problème

Le problème d'optimisation bi-niveaux consiste à affecter une configuration et des options à chaque véhicule, puis d'ordonnancer les essais sur chaque véhicule, le tout afin de respecter au mieux les dates échéance des tests et de minimiser le nombre de véhicules utilisés. L'ordonnancement des essais doit prendre en compte les temps de trajet intersites lorsque 2 tests consécutifs sur un véhicule sont réalisés sur des sites différents. Cet ordonnancement porte sur un horizon de 18 mois à 2 ans, découpé en jours.

## 2 Modélisation du problème d'optimisation

Il s'agit d'une optimisation multi-objectifs que nous avons modélisée de manière lexicographique, en enchainant les critères d'optimisation suivants (le respect des échéances est prioritaire sur la minimisation du nombre de prototypes) :

1. Minimiser le nombre d'essais en retard ;
2. Minimiser le nombre des jours de retard des tests ;
3. Minimiser le nombre de véhicules utilisés ;
4. Terminer au plus tôt les essais sur chaque véhicule en minimisant la somme des carrés des dates de fin de tests sur les véhicules :  $\min \sum_{j=0}^{m-1} (cv_j)^2$

Sous les contraintes suivantes :

- Affecter une et une seule configuration à chaque véhicule ;
- Un essai est affecté sans préemption à un seul véhicule
- Un test ne peut être affecté à un véhicule que si la configuration et les options obligatoires et interdites du test sont compatibles avec la configuration et les options du véhicule ;
- Un essai destructif ne doit être suivi d'aucun autre test sur le véhicule, car il endommage ce dernier ;
- Les tests d'insonorisation doivent être réalisés avant tout autre test sur le véhicule (pour bénéficier d'un véhicule en parfait état) ;
- Certains essais sont doivent respecter des fenêtres de temps (par exemple les essais grand froid à réaliser uniquement en hiver) ;
- Les essais incompatibles entre eux doivent être affectés à des véhicules distincts.

Nous avons utilisé le moteur de PPC, CP optimizer (IBM), pour la résolution. CPO nous a permis de modéliser l'ensemble des contraintes et objectifs de la problématique, et présente l'avantage de fournir rapidement les premières solutions au problème (< 2 minutes sur nos instances). Pour guider la résolution de CPO, nous avons eu recours à quelques artifices :

- Ajout de contraintes « techniques » telles que « ne pas affecter une option à un véhicule si cette option n'est pas présente sur les tests affectés au dit véhicule », pour ne pas bloquer l'affectation ultérieure d'essais au véhicule ;
- Ajout de sous-objectifs tels que « minimiser les changements de sites d'essais », pour in fine minimiser la date de fin des tests sur chaque véhicule.

### 3 Expérimentations

Les instances comprenaient **80 à 370** essais et utilisaient **40 à 200** véhicules. CPO produit une solution considérée de bonne qualité par les utilisateurs au bout de **20 à 30 minutes**, solution que CPO n'améliore plus ensuite, même après plusieurs heures de calcul. La mauvaise qualité des bornes de CPO ne nous permet pas d'estimer l'écart des solutions obtenues par rapport à l'optimum.

### 4 Conclusion et perspectives

Nous avons traité un problème combiné de configuration machines et d'ordonnancement multicritère à machines dédiées parallèles (les véhicules), avec fenêtres de temps et time-lags (dus aux trajets intersites). Une première version de l'outil est testée par des planificateurs pilotes, avec un retour positif sur la qualité des solutions et l'aide à la décision apportée par l'outil (arbitrages entre respect des échéances et nombre de prototypes). L'objectif est de déployer l'outil auprès de tous les planificateurs au premier trimestre 2023.