

Problèmes méthodologiques posés par les systèmes de valorisation en management industriel

Vincent GIARD

Professeur Émérite à Université Paris-Dauphine, PSL Research University

Professeur Affilié à l'EMINES *School of Industrial Management*, Université

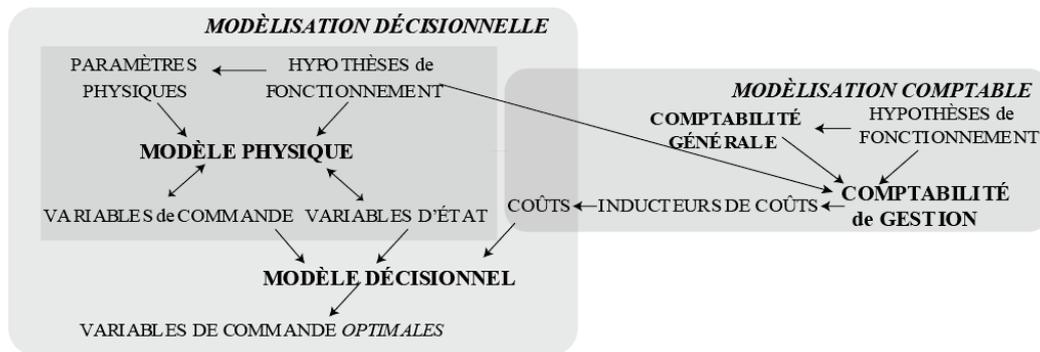
Mohammed VI Polytechnique, Ben Guerir, Maroc

1. Introduction

L'analyse de l'impact de décisions opérationnelles, tactiques et stratégiques s'appuie toujours sur une modélisation physique d'un système de production de produits (terme générique que l'on utilisera ici pour désigner aussi bien des biens que des prestations de service), dont le fonctionnement est affecté par ces décisions à prendre. Ces décisions se décrivent par des variables quantitatives (quantité à commander...) ou des variables qualitatives (itinéraire de transport, configuration d'investissement...) transcrites par des variables binaires dans certaines modélisations. Ces variables, qualifiées de *variables de commande*, influencent le fonctionnement du système productif étudié par un ensemble de relations causales plus ou moins complexes qui sont au cœur la modélisation retenue. Ces mécanismes conditionnent la valeur prise par certains paramètres physiques (niveau de stock, kilométrage parcouru...) retenus en raison de leur impact sur la performance du système de production étudié. Ces paramètres sont généralement qualifiés de *variables d'état* dans les modélisations peu complexes qui mobilisent un nombre restreint de paramètres physiques ; on gardera ici ce vocable quelle que soit la complexité de la modélisation.

L'appel à des critères d'efficacité (niveaux de service minimaux requis...), souvent plus contraignants dans les systèmes productifs non marchands, restreint l'ensemble des décisions envisageables. Pour choisir la meilleure d'entre elles, la plus efficiente, il faut mobiliser un critère économique car il est très rare qu'une solution soit la moins consommatrice de chacune des ressources productives du système étudié et donc domine les autres. Pour certains problèmes très simples, le critère est de nature physique et le point de vue économique retenu, implicite : par exemple, si un coût est une fonction linéaire d'un temps ou d'une distance, il est équivalent de raisonner sur un indicateur physique ou sur le coût qu'il génère. Le plus souvent, cette évaluation économique se fonde sur un système de valorisation mobilisant la comptabilité de gestion, pour bâtir un indicateur synthétique en valeur, calculé comme une somme pondérée de variables d'état (et, dans certains problèmes décisionnels, de variables de commande binaires). Ce système de pondération est un système de coûts qui repose implicitement sur une modélisation du fonctionnement du système productif. Cette modélisation peut être éloignée de celle retenue pour analyser les conséquences physiques des décisions à prendre. Cette discordance peut invalider la pertinence de la solution retenue.

Nous allons examiner les fondements de ces deux types de modélisation du système physique de production pour faciliter un repérage des causes potentielles d'incohérence. Pour éviter tout risque de confusion sémantique, on parlera de *modélisation décisionnelle* et de *modélisation économique* (celle sous-jacente dans la comptabilité de gestion) pour distinguer les deux types de modélisation. La figure suivante illustre les relations entre les deux approches.



2. Caractérisation des représentations physiques des modélisations décisionnelles et économiques

2.1 Modélisation des processus sous-jacente dans la modélisation décisionnelle

Une modélisation décisionnelle se caractérise principalement par la combinaison de trois caractéristiques : le degré de certitude des informations mobilisées, la réalité du système étudié et la granularité spatio-temporelle retenue.

- Les caractéristiques du système productif et de son environnement sont considérées comme *connues avec certitude* – et le problème décisionnel se pose en univers certain – ou non. Le plus souvent, dans ce dernier cas, ces caractéristiques sont supposées être connues *en probabilité*. Cette caractérisation a un impact sur les techniques de modélisation utilisables. La modélisation en univers aléatoire conduit à travailler en espérance mathématique dans le cadre de modèles analytiques pour les systèmes fictifs très simples ou, dans les cas plus complexes, à travailler avec l’approche de Monte Carlo, dans le cadre d’une modélisation sur tableur ou sur simulateur de processus. En univers certain, la programmation mathématique est bien adaptée à la formalisation de problèmes où les relations causales sont simples, la modélisation via un tableur s’imposant dans les autres cas.
- Le système productif étudié peut être *réel ou fictif*. La littérature de la recherche opérationnelle privilégie des systèmes fictifs relativement simples pour établir la *solution analytique* caractérisant la solution optimale d’un problème décisionnel - type (par exemple, gestion d’approvisionnement). Les systèmes fictifs peuvent être plus complexes et posséder un dimensionnement variable conduisant à une *modélisation générique* du problème posé (par exemple détermination d’une tournée de transport) par exemple par la programmation mathématique ou la théorie des graphes et, dans certains cas, conduire à une proposition d’algorithme de résolution spécifique. Un certain nombre de recherches, conduites dans le cadre de contrats industriels, s’intéressent à une problématique décisionnelle se posant pour un système productif réel. Dans ce cas, la modélisation peut conduire à l’évaluation de scénarios décisionnels (*what-if analysis*), à la formulation d’un problème d’optimisation si la complexité est très réduite, à la formulation d’un modèle de simulation ou à un système d’aide à la décision combinant la logique de scénarios avec des optimisations locales et/ou de la simulation. La démarche proposée est souvent suffisamment générique pour être transposable à des systèmes productifs de caractéristiques similaires confrontés aux mêmes problèmes décisionnels.
- La *granularité* retenue dans la modélisation, dans ses dimensions *spatiales et temporelles*, est un élément important de caractérisation de la modélisation décisionnelle. Le temps intervient sous plusieurs aspects : modélisation mono ou multi-périodes, amplitude de la

période et horizon retenu dans le cas multi-périodes. La granularité comporte aussi une caractérisation spatiale, avec le niveau de détail (ou d'agrégation) des ressources et des produits. En règle générale, la granularité est fine dans l'analyse des décisions opérationnelle et plus agrégée dans les autres, à ceci près que beaucoup de décisions stratégiques impliquent de travailler également avec une modélisation fine pour s'assurer de la robustesse de la solution obtenue avec une modélisation agrégée.

2.2 Modélisation implicite des processus sous-jacente dans la modélisation économique

La comptabilité générale a pour objet de rapprocher les flux physiques et financiers observés dans une entreprise pour permettre d'évaluer périodiquement le résultat de son activité et la valeur de son patrimoine. Cette évaluation doit respecter un ensemble de règlements définissant les modalités de rattachement de certaines dépenses à la période de référence (exercice comptable), ce qui a un impact sur la valeur patrimoniale de l'entreprise (bilan). Ces informations sont à usage externe (administration fiscale, clients, fournisseurs, actionnaires...) et interne (résultat disponible, dettes, créances...). Ce traitement comptable mobilise un ensemble de conventions pour répartir dans le temps les dépenses d'investissement (amortissement) et rattacher à un exercice, des flux financiers de produits achetés ou vendus pendant un autre exercice. Les dépenses peuvent être regroupées par nature (matières premières...) et par fonction (ventes, administration...)

La comptabilité de gestion (au sens large car plusieurs approches sont utilisables) retraite les informations de la comptabilité générale pour mesurer le coût de fonctionnement d'une entité (service, usine...), le coût de production d'une prestation interne (envoi d'un conteneur) et le coût de fabrication d'un produit. L'établissement de ces coûts pose deux problèmes méthodologiques majeurs ; on se focalisera sur le coût d'un produit mais ces problèmes se posent également pour les deux autres types de coûts.

- Le premier problème est celui de *l'affectation de charges indirectes* aux produits. Les charges indirectes correspondent à des prestations ou des inputs partagées par plusieurs produits (dépenses énergétiques d'un atelier ne disposant que d'un compteur unique, frais généraux...) et peuvent (ou non) être réparties entre ces produits.
- Se pose ensuite le problème de *l'impact du niveau d'activité* sur le calcul de ces coûts aussi bien pour les charges directes que pour les charges indirectes (amortissement d'une machine dédiée à une production). On peut partir du niveau d'activité constaté – avec l'inconvénient de rendre difficile des comparaisons dans le temps et dans l'espace – ou choisir de fonder ces calculs sur un niveau d'activité « normal ». Cette dernière solution, généralement retenue, facilite les comparaisons dans le temps (et dans l'espace) mais soulève deux difficultés. Il ne peut exister de définition objective ce niveau, ce qui est une source possible de contestations, voire de malversations. La discordance entre le niveau d'activité observé et celui considéré comme normal pose nécessairement un problème de cohérence entre la comptabilité générale et la comptabilité de gestion, la somme des coûts de cette dernière pouvant être assez différente de celle des charges de la comptabilité générale.

Plusieurs solutions existent pour répondre à ces problèmes et permettre le calcul d'un coût partiel ou d'un coût complet. Il n'est pas nécessaire ici de les examiner, ce qui importe c'est la mise en évidence du fait que le coût que l'on utilise dans un système de valorisation est le résultat d'une *modélisation* du fonctionnement d'un système productif dans laquelle il est fait usage de conventions sur la répartition dans le temps de certaines charges, de conventions sur

le niveau d'activité de ce système productif et de conventions sur une éventuelle répartition de certaines charges indirectes reposant sur des relations causales parfois contestables.

Ces coûts sont établis pour être utilisés principalement en contrôle de gestion ; ils ne peuvent l'être sans précaution pour la prise de décision en management industriel. Dans ce contexte, quelques considérations additionnelles doivent être prises en compte pour définir, à partir des informations fournies par la comptabilité de gestion, des coûts qui soient pertinents dans la perspective décisionnelle retenue. Le principe conducteur est que le système de valorisation doit être tel que les avantages de la décision proposée, par rapport à une décision de référence (qui peut être de ne rien faire), puissent être observables sur les résultats financiers de l'organisation concernée. À cet effet, quelques considérations additionnelles doivent être prises en compte, pour définir un système de coûts pertinent pour l'évaluation des décisions prises en management industriel.

- La distinction entre *coût direct et indirect* d'un produit, évoquée ci-dessus, dépend du *niveau d'agrégation* retenu : une charge peut-être indirecte au niveau d'une référence élémentaire de produit et devenir directe si l'on raisonne au niveau d'une famille de produits ou d'un ensemble de produits fabriqués dans un même site. Par ailleurs, on est souvent amené à travailler par famille de produits, les produits d'une famille mobilisant les mêmes ressources. Le calcul du coût direct d'un produit fictif représentant une famille est nécessairement un coût moyen pondéré des coûts directs des références de cette famille, où les coefficients de pondération correspondent à une structure moyenne dont la stabilité n'est pas garantie.
- Depuis plus de deux décennies, la *comptabilité par activité* s'est imposée comme une démarche de base en comptabilité de gestion, parce qu'elle permet diminuer l'arbitraire du traitement des coûts indirects. Son fondement est de remplacer la relation causale directe « les produits consomment les ressources », par la relation causale indirecte « les produits consomment les activités qui consomment les ressources ». Cette approche englobe les autres approches de la comptabilité de gestion qui peuvent s'en déduire ; c'est la raison pour laquelle elle est privilégiée ici. Le concept d'activité est large et ne se focalise pas sur la seule production d'un produit ; elle peut correspondre, par exemple à un lancement d'une série en production. Cette démarche, qui met l'accent sur des *inducteurs de coût*, permet une définition plus pertinente des coûts utilisés en modélisation décisionnelle.
- Les économistes ont introduit très tôt la distinction en *coût fixe* et *coût variable*, le coût fixe étant indépendant du *volume de production*. Ce concept est intéressant dans l'analyse décisionnelle, dès lors que l'on introduit explicitement l'horizon de temps retenu dans la prise de décision et qu'on le généralise à d'autres décisions que celles de la production. Si l'on raisonne avec un horizon de quelques jours, le personnel intérimaire antérieurement embauché constitue une charge fixe (qui peut être directe s'il s'agit d'opérateurs sur une machine ou indirecte s'il s'agit de personnel d'entretien) mais, si la décision d'embauche reste à prendre pour faire éventuellement face à un pic d'activité sur l'horizon considéré, ce coût devient variable et doit être associé à l'accroissement de production qu'il permet.
- La comptabilité de gestion est orientée vers la détermination de coûts d'un produit (au sens large, rappelons-le). Un problème décisionnel se pose plutôt en termes de coût d'une décision en comparaison avec une décision de référence (définie par les valeurs retenues pour les variables de commande), pas toujours explicitée. La solution analytique optimale d'un système fictif (règles d'approvisionnement, par exemple) ne considère pas de solution de référence ; l'application de cette relation à un cas réel pour améliorer une décision

récurrente, fait appel à un système de coûts dont l'intérêt n'est pas seulement de pouvoir calculer les variables de commande mais aussi de mesurer le gain obtenu en passant de la solution courante à la solution optimale, ce gain ayant pour vocation à se retrouver dans le compte de résultats, faute de quoi cette optimisation est vide de sens. Dans le cas de systèmes réels, une alternative décisionnelle (portant sur un ensemble de variables de commande) s'évalue nécessairement en rapport avec une solution décisionnelle de référence qui peut être de ne rien faire (extension d'usine, par exemple) ou de reconduire l'existant à l'identique (remplacement d'une machine, par exemple). Cette analyse économique comparative porte le nom de *bilan différentiel* et permet d'éliminer toutes les charges inchangées, quelle que soit l'alternative décisionnelle étudiée. Certaines décisions ont un impact sur les recettes ; on ne traitera pas cet aspect ici car il est évident à prendre en compte dans un bilan différentiel.

- Ajoutons, pour terminer, que les alternatives décisionnelles étudiées peuvent avoir un impact sur plusieurs périodes, ce qui conduit à utiliser l'actualisation pour synthétiser les variations de flux de trésorerie calculées dans le bilan différentiel pour travailler sur une VAN.

3. Quelques exemples d'implication de ces remarques méthodologiques

Certains coûts tirés de la comptabilité de gestion sont utilisables par la modélisation décisionnelle si la représentation du fonctionnement du système productif de cette modélisation décisionnelle est peu différente de celle retenue par la modélisation économique servant de base à la détermination de ces coûts. Ce problème de cohérence est généralement négligé dans la littérature. Il n'est pas possible ici d'effectuer un balayage très large des implications de ces remarques méthodologiques, aussi a-t-on choisi d'illustrer certaines d'entre elles sur quelques cas considérés comme représentatifs. On s'intéressera d'abord aux problèmes rencontrés dans l'utilisation de solutions analytiques ou de formulations génériques, qui relèvent plutôt de décisions opérationnelles ou tactiques. On examinera ensuite, les problèmes méthodologiques qui se posent dans l'usage de modélisation décisionnelle pour la prise de décisions stratégiques.

3.1 Problèmes posés par l'usage de solutions analytiques ou de formulations génériques de problèmes décisionnels

Ces problèmes se posent de manière un peu différente selon que l'on souhaite utiliser concrètement des relations analytiques de modèles décisionnels portant sur systèmes fictifs, ou instancier un modèle générique.

Utilisation de solutions analytiques

On illustrera notre propos en nous appuyant sur le problème de gestion des approvisionnements qui mobilise classiquement des coûts unitaires de commande, de possession et de rupture. Ces deux premiers coûts posent des problèmes méthodologiques assez similaires. Le dernier pose des problèmes spécifiques. La présentation des modélisations évoquées ici se retrouve dans quelques manuels assez complets sur cette problématique (par exemple, Giard, 2003 ; Hax et Candea, 1984).

Coûts unitaires de commande et de possession

Dans la version déterministe du modèle de base (modèle de Wilson), la variable de commande est la quantité commandée et le point de commande et les variables d'état sont : le

nombre moyen annuel de commandes et le stock moyen. Dans sa version stochastique, les moyennes sont à remplacer par des espérances mathématiques et il faut ajouter la variable d'état « espérance mathématique de la rupture de stock ». La solution analytique optimale fait intervenir les coûts unitaires associés aux variables d'état qui correspondent à des inducteurs de coûts. Dans une perspective de bilan différentiel, la solution de référence est la solution actuelle que le produit existe ou non. L'application de ces relations analytiques dans la résolution de problèmes concrets oblige à spécifier correctement le contenu de ces coûts unitaires, pour que les gains théoriques obtenus en passant de la solution courante à la solution optimisée se retrouvent dans le compte de résultats.

Prenons l'exemple d'un service centralisé de gestion de commandes. La commande passée est un inducteur de coût. Le coût comporte un coût variable direct c (papier, affranchissement...) et une quote-part du coût annuel K de fonctionnement de ce service qui est un coût indirect. Si ce service traite n commandes par an (pour simplifier, on considère ici qu'il s'agit du niveau d'activité normal), le coût standard de gestion d'une commande est K/n , ce qui conduit au coût de commande unitaire $c+K/n$ et au coût partiel annuel de commande $n(c+K/n) = n \cdot c + K$. Si la politique optimale d'approvisionnement conduit à diminuer de 20 % le nombre de commandes, le nouveau coût partiel annuel de commande n'est égal à $0.8 \cdot n(c+K/n)$ qu'à la condition expresse de pouvoir réaffecter rapidement 20 % des ressources à l'origine du coût indirect K . Si tel n'est pas le cas, l'économie réalisée n'est que $0.8 \cdot n \cdot c$ et le coût de commande unitaire de cette nouvelle solution est $c+K/(n \cdot 0.8)$, valeur qui conduit à une solution optimale différente. Si au lieu d'une diminution du nombre annuel de commande, le passage à l'optimum conduit à une augmentation de ce nombre, se pose alors le problème de l'insuffisance de capacité du service gestionnaire des commandes, qui doit s'adapter à cet accroissement de charge.

Le nombre moyen d'unités en stock est un inducteur de coût qui intervient de deux façons, générant deux composantes de ce coût unitaire.

- Pour une entreprise, une variation de la valeur de ses stocks se traduit par une variation de son besoin en fonds de roulement ou, en l'absence de financement bancaire de ces actifs, par une variation de ses possibilités de placements à court terme. Cet inducteur génère un coût variable direct c' correspondant à un *coût d'opportunité*, proportionnel à la valeur du produit stocké et à un taux d'intérêt.
- Ce stockage conduit également à supporter le coût annuel K' (location de locaux, assurance, gardiennage, énergie, etc.) correspondant à un coût indirect que l'on peut, là encore, standardiser sur une base volumique. La définition de la capacité volumique Θ de l'entrepôt est délicate car elle dépend du niveau d'activité normal et de la plus ou moins grande compensation, à chaque instant, entre les niveaux hauts et bas des stocks des références stockées. Si la solution courante conduit à utiliser le volume θ de l'entrepôt, le coût de possession doit inclure en plus un *coût de stockage* $K' \cdot \theta / \Theta$, ce qui conduit au coût de possession unitaire $c' + K' \cdot \theta / \Theta$. La variation de la capacité moyenne utilisée, consécutive au passage à la solution optimale, devrait induire, en cas de baisse du niveau de stock, à une diminution de la capacité nominale de l'entrepôt et donc à une augmentation du coût unitaire de stockage (sinon la somme des contributions en provenance des références stockées ne couvre pas le coût annuel K') et, dans le cas contraire, à une augmentation de la capacité volumique Θ de l'entrepôt, ce qui conduit également à une majoration de ce coût unitaire de stockage.

Comme précédemment, la modification de la variable d'état « stock moyen » induite par le passage de la solution courante se traduit par une variation immédiate du coût variable direct mais pose un problème similaire à celui rencontré par la standardisation du coût indirect intégré dans le coût de commande.

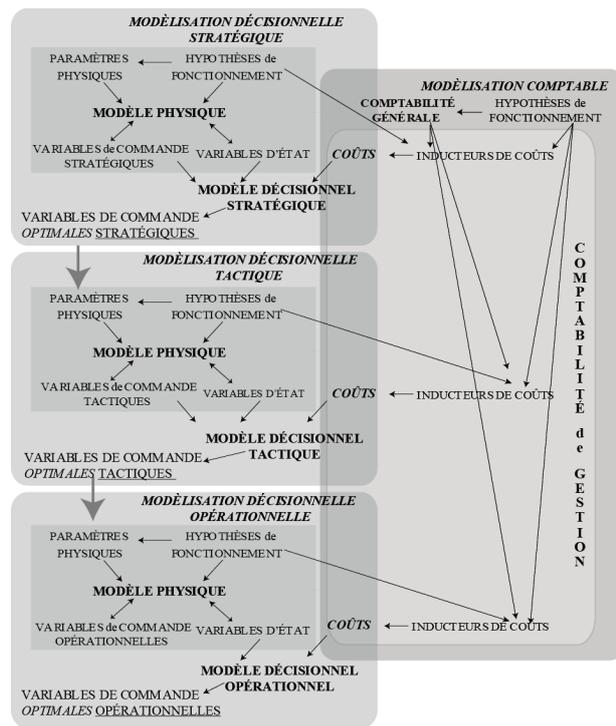
Ces difficultés peuvent conduire à préférer l'utilisation de modèles d'approvisionnement pour un ensemble de références, sous contrainte de respect d'une contrainte de capacité (nombre maximal de commandes gérées par le service, stock moyen cumulé maximal). Cette approche, mobilisable aussi bien en univers certain qu'en univers aléatoire, conduit à des solutions analytiques dans lesquelles le multiplicateur de Lagrange associé à une contrainte s'interprète comme le coût marginal de variation de cette contrainte (Giard, 2003).

La hiérarchie décisionnelle conduit à ce que le dimensionnement de certaines ressources soit une variable de commande au niveau stratégique qui devient une contrainte pour les décisions tactiques et opérationnelles, les inducteurs de coûts n'étant plus les mêmes, ce qu'illustre la figure ci-contre.

Coûts unitaires de rupture

Dans les modélisations en univers aléatoire, les ruptures de stock sont prises en compte de deux façons. On peut conserver une modélisation n'intégrant que des coûts de commande et de possession mais en ajoutant une contrainte sur un niveau de la rupture de stock, ce qui conduit à des formulations analytiques complexes mais utilisables. Autrement, il faut intégrer un coût de rupture dans la fonction de coût à minimiser. Le problème ne se pose pas de la même façon selon que le client est une entreprise ou un particulier et que la demande est perdue ou différée. Le coût d'une demande différée correspond généralement à un coût administratif standardisé, calculé comme une quote-part d'un coût fixe indirect, ce qui pose les problèmes méthodologiques évoqués ci-dessus. Dans le cas d'un client industriel, cette rupture peut entraîner un arrêt de la production. Les conséquences financières sont très difficiles à mesurer, d'autant qu'elles dépendent de la durée de cette rupture de stock. L'estimation de la distribution de probabilités de cette durée, utilisée par certains modèles analytiques et conduisant à des solutions analytiques complexes à mettre en œuvre, est fortement sujette à caution alors qu'elle a un fort impact sur la mise en œuvre des solutions optimales.

On constate, que dans certains secteurs où la demande de certains composants est aléatoire (composants alternatifs d'un véhicule automobile, par exemple), les perturbations induites par la rupture de stock sont telles qu'il est fait appel à des procédures d'approvisionnement en urgence permettant d'éviter une rupture prévisible à brève échéance. Les unités manquantes peuvent être acheminées par un affrètement exceptionnel dédié (avion, camion), générant un coût fixe indépendant du remplissage. Elles peuvent être également confiées à un opérateur de



messagerie qui facture ses prestations à l'unité, ce qui conduit à un coût variable direct. Ces modélisations conduisent à des solutions analytiques qui définissent les stocks de sécurité optimaux et qui permettent de choisir le transport d'urgence le plus intéressant en fonction de la structure de coûts et de la dispersion de la demande (voir Sali et Giard, 2015).

Lorsque la demande émane d'individus et non d'entreprise, la demande est généralement peu susceptible d'être différée pour des articles de forte consommation. Dans ce cas, la rupture peut simplement conduire à l'acquisition, par le client, d'un produit similaire d'une autre marque, ce qui n'a pas d'impact notable. La vente peut être perdue, auquel cas la rupture induit un manque à gagner correspondant à la marge unitaire réalisée sur cet article, pénalité qui peut être plus forte si le client décide de quitter le magasin sans effectuer ses autres achats. La répétition de ce genre d'incidents, pour un client régulier, peut l'amener à cesser de fréquenter ce magasin. On voit bien ici la difficulté qu'il y a à déterminer un coût de rupture « incontestable ». Ceci peut amener à préférer une définition de la politique d'approvisionnement intégrant la rupture de stock sous la forme d'une contrainte de pourcentage maximal de demandes non-satisfaites.

Utilisation d'une modélisation générique pour proposer une solution à un problème récurrent opérationnel

L'approche des modélisateurs facilite la prise de décision opérationnelle grâce à une séparation claire entre une modélisation générique et la définition d'un jeu de données permettant d'instancier un problème opérationnel à résoudre (tournée d'acheminement, ordonnancement...). Cette instance est ensuite résolue par un solveur pour trouver une « bonne » solution, à condition que la taille de ce problème ne soit pas trop grande (sinon, il faut mobiliser des heuristiques). Ces problèmes comportent des données physiques (caractéristiques de transports à effectuer ou carnet de commandes, contraintes physiques à respecter...) et, dans les modélisations décisionnelles plus réalistes, des coûts. Le problème de la pertinence de ces coûts se pose alors. Nous allons prendre appui sur les deux exemples cités ci-dessus pour examiner quelques écueils à éviter.

Dans la détermination périodique de tournées de transport, les premières modélisations s'appuyaient principalement sur un critère de temps ou de distance, le coût de la solution proposée dépendant fortement de ces paramètres. La complexité des problèmes à traiter et l'accroissement de la performance des ordinateurs et des solveurs ont conduit à privilégier le coût de la solution. Le coût unitaire associé à l'inducteur « distance parcourue » intègre naturellement des dépenses d'essence et une quote-part de dépenses de révision périodique. Si la modélisation retenue interdit les solutions mobilisant des heures supplémentaires, la prise de décision opérationnelle étudiée n'a pas d'influence sur la rémunération des chauffeurs qui constitue une charge fixe sur le court terme. Dans le cas contraire, le coût de ces heures complémentaire constitue un coût variable direct d'un inducteur « dépassement horaire ». Le problème de la prise en compte d'une quote-part de l'amortissement des véhicules (ou d'une valeur de remplacement) doit s'aborder en tenant compte du fait que la solution obtenue est sans incidence sur l'amortissement fiscal qui doit être considéré comme un coût indirect fixe, ce qui doit conduire à ne pas en tenir compte. Si les tournées mobilisent un parc hétérogène de camions (en termes de capacité, de performance...), la capacité de transport peut être excessive à certains moments et comporter la sélection des camions à utiliser. Le problème de la prise en compte de l'amortissement semble alors se poser de manière accrue mais il faut garder à l'esprit que le dimensionnement de ce parc est une décision stratégique évaluée en prenant en compte

d'autres données comme les fluctuations de la demande et qui encadre le problème de tournées (hiérarchie décisionnelle rappelée ci-dessus) ; dans ces conditions, il semble préférable de ne pas tenir compte de cette composante de coût dans la prise de décisions opérationnelles.

Dans beaucoup de problèmes d'ordonnancement, le critère du temps est suffisant. Il ne l'est plus lorsque varient, selon l'ordonnancement retenu, la consommation de certaines matières (fluides, énergie...) et les ressources en personnel mobilisées (heures supplémentaires, renforts). La disponibilité des équipements ne dépendant pas de la décision d'ordonnancement, il semble préférable, comme discuté ci-dessus, de ne pas tenir compte de ces charges fixes sur le court terme. Prenons l'exemple d'un problème d'ordonnancement de produits complexes à assembler sur une ligne. Leur variété s'obtient par une combinatoire de composants optionnels dont certains ont un impact sur le temps passé sur certains postes de la ligne, ce qui conduit à tenir compte, dans l'ordonnancement, de contraintes d'espacement entre produits ayant certaines caractéristiques. Ces contraintes peuvent être allégées en mobilisant ponctuellement (pendant un cycle) un renfort sur le poste de la ligne connaissant la surcharge de travail induite par l'ordonnancement. En pratique, cet opérateur ne peut être embauché pour ce seul renfort ponctuel, il le sera nécessairement pour une durée plus longue (généralement le temps de présence de l'équipe travaillant sur la ligne). L'utilisation d'un coût-standard calculé comme le quotient d'un coût indirect fixe (celui de son embauche pour rejoindre l'équipe) par son temps de présence mesuré en nombre de cycles, est une solution classique dans la littérature, qui considère que l'inducteur de coût est le renfort ponctuel. Cette interprétation n'est pas correcte pour deux raisons. S'il est fait appel à une seule minute de renfort pendant une journée, le compte de résultats de l'entreprise enregistrera la dépense totale induite par la présence de ce renfort. En outre, un opérateur appelé en renfort est mobilisable plusieurs fois pendant son séjour, ce qui accroît considérablement le nombre d'ordonnements respectant les contraintes d'espacement. Cet accroissement présente un intérêt si l'ordonnancement a un impact sur certains coûts variables ; par exemple, il peut diminuer le nombre de purges de pistolets de peinture liées au changement de couleurs de produits se succédant dans une cabine de peinture (Giard & Jeunet, 2010) ; c'est le cas également, si une partie du processus peut s'effectuer sur un processeur d'un ensemble de processeurs parallèles hétérogènes.

3.2 Décisions relatives au design d'un système productif

Ce type de décision stratégique, impliquant toujours des investissements, peut s'aborder dans le cadre d'une approche comparative de scénarios ou celle d'un modèle d'optimisation. Nous nous appuyerons sur l'exemple de la création ou de la modification d'un réseau logistique, sachant que les problèmes méthodologiques évoqués ci-après sont très généraux.

L'établissement d'un scénario implique une vision assez fine du fonctionnement du nouveau système productif. La capacité d'un hub de fret aérien dépend de ses ressources matérielles (entrepôts, engins de manutention...) et humaines, de leurs règles de gestion (règles d'allocation des marchandises, organisation du travail...) mais aussi de l'organisation des transports entrants et sortants (fréquences, capacité des avions...) car, toutes choses égales par ailleurs, une diminution de la fréquence des mouvements d'avions, liée à une augmentation de leurs capacités, peut induire des dysfonctionnements liés à une insuffisance de capacité. L'étendue du réseau mis à disposition des clients a un impact sur son attractivité et donc sur la demande de transport et la rentabilité des acteurs qui gèrent ce réseau. Pour un scénario donné, on peut définir des inducteurs de coûts assez macroscopiques, et déterminer des coûts indirects

fixes et des coûts variables directs valables sous certaines conditions. L'analyse d'un scénario alternatif conduit à se poser les mêmes questions et conduire à d'autres hypothèses de trafic, de ressources mobilisées, de règles de gestion et, au final, des inducteurs et des coûts qui peuvent être différents. La légitimité du bilan différentiel comparant plusieurs scénarios à un scénario de référence se fonde sur la cohérence des hypothèses physiques de chacun d'entre eux.

Il est tentant de chercher une formulation générique de ce problème de design de réseau logistique et c'est l'approche retenue par la très grande majorité des chercheurs. Dans ce contexte, on part implicitement d'un scénario de base permettant de définir des demandes de transport, des capacités de hubs, des coûts, etc. Le problème est que le résultat de l'optimisation peut conduire à retenir une situation très différente de celle du scénario de base, ce qui invalide la solution retenue. Cet aspect est généralement négligé dans des écrits qui s'attachent plus à la complexité d'une modélisation et/ou à des temps de résolution.

4. Conclusion

Les considérations doivent conduire à la fois à plus de prudence dans l'utilisation des préconisations des modèles proposés par les chercheurs. Elles doivent aussi inciter les chercheurs à se préoccuper davantage de la pertinence des coûts qu'ils mobilisent.

5. Bibliographie

- Giard, V. (2003). *Management de la production et des flux* (3^e ed.), Paris, Economica.
- Hax, A.C., et. Candea, D.(1984). *Production and Inventory Management*. Prentice-Hall, 1984
- Giard, V. et Jeunet, J. (2010). Optimal sequencing of mixed models with sequence-dependent setups and utility workers on an assembly line, *International Journal of Production Economics*, 123(2), p. 290-300.
- Sali, M. et Giard, V. (2015), Optimal stock-out risk when demand is driven by several mixed-model assembly lines in the presence of emergency supply, *International Journal of Production Research*, 53(11), p 3448-3461.