

Optimisation des stocks par la prévision des ventes

CHRISTIAN MASCLE ET JULIEN GOSSE

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTREAL

Département de Génie Mécanique C.P. 6079 Succ. centre-ville, Montréal (Québec) H3C 3A7, Canada

Tél. : +1 (514) 340 4711 - poste 4398. Fax : +1 (514) 340 5867

E-mail : christian.mascle@polymtl.ca

Résumé - Dans cet article, une méthode générale permettant de construire une prévision des ventes et de l'intégrer dans un processus de gestion des stocks est développée. L'interprétation des prévisions par un logiciel de gestion des stocks offre à l'utilisateur une aide à la décision essentielle pour minimiser les stocks en boutique sans pour autant perdre des ventes. Le type d'entreprises, particulier, dans le domaine du textile et des vêtements pour enfants, est caractérisé par la production d'une large gamme de modèles fortement déclinés (couleur, taille, configuration, etc.) et dont la durée de vie est limitée. La gestion des stocks est rendue compliquée par la multitude de produits et par la nécessité de les écouler rapidement. La méthodologie s'attache à trouver une solution pour la gestion des stocks en fin de chaîne de distribution. En boutique, le nombre de références, leur similitude et la nécessité de limiter les invendus compliquent d'autant l'élaboration des commandes de réapprovisionnement. Ce genre d'entreprises se prête difficilement aux techniques classiques de prévision des ventes et nécessite une démarche particulière pour prévoir de façon précise les besoins.

Abstract - In this paper, a general methodology permits to set up sales forecasting and to integrate it into the inventory management process. This inventory management software would interpret forecasting to provide users with a decision support system to minimize stocks in stores and avoid missed sales. Only a precise type of company is concerned notably those in the textile industry, which produces a large range of patterns with many small variations (colors, size, customizations, etc.) which have a limited lifetime. Inventory management is difficult due to the multitude of products to account for and the necessity to sell them quickly. The methodology concerns inventory management at the end of the supply chain. In store, the number of references, their similarities and the necessity to minimize unsold stock greatly complicates the re-ordering and re-stocking process. These types of companies do not easily lend themselves to classic techniques of sales forecasting and require particular methods in order to precisely estimate their needs.

Mots clés - Prévision des ventes, Gestion des stocks, Gamme de produits.

Keywords - Sales forecasting, Inventory management, Range of patterns.

1 INTRODUCTION

L'un des enjeux de la gestion des stocks est de trouver le compromis financier le plus intéressant pour l'entreprise en jouant sur les paramètres : production, stocks et ventes. Dans le cadre de ce travail, nous nous plaçons dans le cas d'une entreprise qui présente une latence de production conséquente et qui doit anticiper ses ventes en produisant plusieurs mois à l'avance. On considère une entreprise qui distribue ses produits dans de nombreux points de vente et qui cherche à améliorer cette distribution. On élabore un système de gestion des stocks qui, à partir des informations de ventes, adapte les commandes d'approvisionnement. Ce système doit estimer les ventes futures par une méthode de prévision des ventes judicieusement choisie de façon à couvrir les besoins de chaque boutique sans pour autant faire de surstock. Les techniques de prévision des ventes fiables existent maintenant depuis la fin des années cinquante, développées notamment par Holt [Holt, 1957]) et Brown [Brown, 1959]. L'évolution des moyens informatiques a permis à bon nombre de logiciels de

prévision des ventes de se développer. Dans le domaine des logiciels dédiés à la prévision des ventes pure et ayant acquis une certaine renommée, on peut notamment citer Forecast Pro [Business]. D'après Bourbonnais [Bourbonnais et Usunier, 2007], il intègre toutes les méthodes essentielles pour un coût faible (inférieur à 2300 €), mais demeure limité dans les possibilités de gestion de données. Plus intéressant encore dans le cadre de notre étude, Optimate [DS3] est spécialisé dans le secteur du textile et de l'habillement. S'il offre la possibilité de travailler des collections, ce logiciel offre une segmentation limitée. Il existe également des solutions intégrées à des logiciels plus complexes de gestion de la chaîne d'approvisionnement (Supply Chain) tel que Predicast [OMP], très adapté au monde industriel. D'autres produits sont directement intégrés aux systèmes d'information des entreprises comme c'est le cas de l'ERP (Entreprise Ressource Planning) de la société SAP [SAP]. Bien sûr, ces logiciels ont un coût, de quelques centaines de dollars pour des macros complémentaires pour le logiciel Microsoft Excel, basé sur le modèle de Holt-Winters, à quelques dizaines de milliers de

dollars pour les solutions plus complexes. Pour effectuer leurs prévisions, les logiciels se basent sur l'historique des ventes. Mais comment prédire de façon efficace dans ce domaine, en sachant que l'historique des ventes est très restreint et que la durée de vie des produits est trop courte? L'objectif de ce travail est donc de déterminer un moyen efficace de prévoir l'évolution de la demande de ces références multiples, de proposer une façon de gérer et d'optimiser les stocks en fonction des ventes.

Ce travail n'a pas pour but d'améliorer la précision de ces logiciels qui au fil des années ont atteint un niveau de maturité certain. Cependant, ces logiciels ne sont pas dénués d'inconvénients. Les logiciels de faibles coûts sont quasiment impossibles à intégrer à une solution de gestion des stocks déjà existante. Les logiciels de gestion, plus complexes et plus coûteux demandent eux d'utiliser leurs solutions pour gérer les stocks. Outre les coûts difficilement supportables pour une petite entreprise, ce genre de solution demande une période d'adaptation et ne couvre certaines fois pas certains corps de métier dont la production est trop spécifique. Plutôt que d'améliorer la précision des prévisions, nous allons nous intéresser à un domaine très peu couvert par ce genre de travaux, les produits de la mode à déclinaisons multiples ou à multiples variantes et à durée de vie courte. La durée de vie d'un produit est limitée à la durée de la saison qui ne dépasse généralement pas quelques mois. Si on retrouve certains modèles d'une année sur l'autre, les déclinaisons de couleurs, tailles, etc. évoluent d'année en année. Selon l'évolution de la mode, il est bien souvent impossible de revendre un produit l'année suivante, il doit être écoulé en solde avec les pertes financières qui en découlent. Le domaine d'application du travail concerne : les entreprises avec multipoints de vente, des produits à durée de vie limitée, un nombre important de modèles, un très grand nombre de références (déclinaison des modèles en couleurs, formes, tailles, configurations, etc.), une concurrence assez faible pour être ignorée.

Dans une première partie, nous nous intéressons aux techniques classiques de prévision des ventes, afin de déterminer les méthodes les plus appropriées pour mettre en place un modèle de prévision de l'évolution du chiffre d'affaires des différents magasins. Par la suite, nous examinons quelles solutions logicielles ont été mises en place en boutique de façon à obtenir des informations plus précises sur les ventes, notamment le détail des quantités vendues au jour le jour de chaque référence. Ensuite, nous utilisons ces données fraîchement récoltées pour émettre des hypothèses de travail nécessaire à l'élaboration d'un algorithme capable de déterminer avec précision les ventes de chaque produit dans chaque point de vente, chaque semaine. Puis nous effectuons un tour des stratégies d'écoulement des produits de différentes entreprises et nous précisons celle de l'entreprise Papa Pique et Maman Coud (PPMC). Ces stratégies nous serviront à mettre au point, à partir des prévisions de ventes des différents produits, une gestion des stocks quasi-automatisée, capable de proposer au personnel en boutique les quantités à commander nécessaires pour compléter les stocks. Pour terminer, nous tentons de critiquer les résultats obtenus suite à l'application de cette gestion par une étude de cas explicitant notre démarche, en utilisant certaines données de l'entreprise PPMC.

2 PRÉVISION DES VENTES

La prévision est un ensemble de méthodes dont le but est de décrire le futur. Au contraire de la prédiction, la prévision se base sur des méthodes scientifiques pour tenter d'appréhender l'avenir. Comme le montre Farnom [Farnom et Stanton, 1989],

les méthodes qualitatives ne permettent pas de prévoir à long terme l'évolution des besoins, ni d'avoir un suivi correct quand le nombre de références produites par l'entreprise est grand. Pour ces raisons, nous n'étudierons que les méthodes quantitatives dans la suite de ce chapitre. Parmi les trois grandes approches de la prévision des ventes : l'approche par analogie, l'approche endogène et l'approche exogène, nous utiliserons la méthode endogène dans la suite de cette étude, car nous cherchons avant tout à modéliser les fluctuations des stocks de chaque produit et sur une période de temps courte. Cette approche consiste à bâtir les prévisions sur l'étude statistique de l'historique des ventes. Le type d'entreprises visé ayant une activité fortement saisonnière, et pour beaucoup de magasins, le gros de l'activité se concentre sur juillet et août. Les commandes de réapprovisionnement des magasins ont lieu une fois par semaine (deux fois par semaine pendant le fort de la saison). Il n'est pas possible d'envisager une périodicité des prévisions mensuelle, l'étude manquerait complètement de finesse et n'apporterait aucune information concrète pour aider à passer les commandes de réapprovisionnement. Une périodicité journalière apporterait une grande réactivité, car le volume des ventes journalières est beaucoup plus sensible aux perturbations extérieures (mauvais temps, jour férié, grève, etc.). Le choix d'une périodicité hebdomadaire des chiffres d'affaires offre un bon compromis, il permet de gommer l'influence des perturbations aléatoires et de diminuer les temps de calculs en limitant le volume des données.

2.1 La méthode endogène

La méthode endogène est une méthode extrapolative. Elle se base sur l'historique des ventes pour trouver la logique qui l'alimente et tenter de la prolonger dans l'avenir [Farnom et Stanton, 1989]. Un historique des ventes constitue, d'un point de vue mathématique, une série chronologique ou une chronique. Pour faciliter l'étude, nous considérons la chronique avec intervalle de mesure fixe, qui est décomposée en quatre éléments distincts : la tendance, la saisonnalité, la composante cyclique et la composante résiduelle. La tendance (T_t) correspond à l'évolution globale des ventes, hors facteurs saisonniers, cycliques et perturbations aléatoires. Il s'agit d'une variation lente qui ne s'inverse qu'après de longues périodes. Les composantes saisonnière (S_t) et cyclique (C_t) sont des composantes périodiques. On considère ici que la saisonnalité a une période d'un an. La composante cyclique est absente car la chronique est mensuelle. Enfin, la composante résiduelle (R_t) correspond aux irrégularités du marché.

2.1.1 Schémas de décomposition

Il existe deux principaux schémas de décomposition classiques : le schéma additif et le schéma multiplicatif. Le second schéma tenant compte d'une interaction générale entre nos trois composantes et étant actuellement le modèle le plus utilisé en économie, nous l'utiliserons. Son équation s'écrit : $x_t = T_t \times S_t \times R_t$. Il offre en effet la commodité d'être un schéma additif en passant par le logarithme de chronique ($\ln(x_t) = \ln(T_t) + \ln(S_t) + \ln(R_t)$). Il est également le modèle le plus proche de la réalité économique. En prenant le cas des boutiques desservies, on remarque que l'écart type est croissant, preuve que l'amplitude de la saisonnalité augmente : on est sur un schéma multiplicatif selon la démonstration faite par Bourbonnais [Bourbonnais et Usunier, 2007].

2.1.2 Détermination de la tendance

Deux grands outils offerts par les statistiques mathématiques sont couramment employés pour déterminer la tendance d'une série : la tendance par régression et par moyenne mobile. La

courbe de tendance dans le cas d'une régression est sensible aux effets de bord, elle a souvent tendance à diverger et n'est pas facilement exploitable. Un inconvénient de la moyenne mobile est qu'elle ne peut être calculée sur les bords de la série étudiée. Les $n/2$ premières ainsi que les $n/2$ pénultièmes valeurs ne pourront être calculées.

2.1.3 Détermination des coefficients de saisonnalité

La moyenne de notre série brute doit être égale à la moyenne de notre série dessaisonnalisée (on parle de série Corrigée des Variations Saisonnières par le principe de conservation des aires). Dans le cas d'un schéma multiplicatif, c'est la moyenne des coefficients saisonniers qui doit être égale à 1. À moins que le comportement d'achat des consommateurs change brutalement, il est préférable de conserver des coefficients fixes. D'une part, cela évite d'amalgamer la partie résiduelle. D'autre part, cela évite de prendre en compte la saisonnalité générée par les actions commerciales et promotionnelles de l'entreprise qui sont des phénomènes exogènes et dont nous ne voulons pas tenir compte ici.

2.1.4 Méthode utilisée pour le lissage exponentiel

Le lissage exponentiel appliqué à la prévision des ventes a été introduit par Holtz en 1957 [Winters, 1960] puis complété par Brown en 1962 [Brown, 1963]. Le modèle que nous utiliserons a été établi par Winters [Winters, 1960]. Il prend en compte la saisonnalité de la série, ce qui a pour avantage d'effectuer en un seul calcul la prévision. En effet, dans les autres modèles, la série doit d'abord être dessaisonnalisée. Dans ce modèle, trois coefficients de lissage distincts sont utilisés, le coefficient de lissage de la moyenne α , celui de la tendance β et enfin celui de la saisonnalité γ , avec α , β , γ compris en 0 et 1. Les équations sont pour un schéma multiplicatif :

$$a_{0t} = \alpha \frac{x_t}{S_{t-p}} + (1-\alpha)(a_{0t-1} + a_{1t-1})$$

$$a_{1t} = \beta(a_{0t} - a_{0t-1}) + (1-\beta)a_{1t-1}$$

$$S_t = \gamma \frac{x_t}{a_{0t}} + (1-\gamma)S_{t-p}$$

Avec a_{0t} la moyenne de la série lissée en t , x_t la valeur observée de la série en t , S_t le coefficient de saisonnalité en t , p la périodicité des données ($p=52$ en hebdomadaire, $p=12$ en mensuel, $p=4$ en trimestriel), et a_{1t} la pente de la tendance en t . Les prévisions pour un horizon de n périodes, avec n compris entre 1 et p , sont données par :

$$\hat{x}_{t+n} = (a_{0t} + na_{1t})S_{t-p+n}$$

Méthode retenue pour prévoir l'évolution du chiffre d'affaires de chaque magasin :

- dessaisonnalisation de chaque chronique hebdomadaire par lissage par moyenne mobile, ou par régression linéaire dans le cas d'un historique à l'horizon trop peu étendu,
- détermination des coefficients de saisonnalité (chiffre d'affaires de la semaine / moyenne lissée) pour chacune des périodes de la chronique pour laquelle on dispose de la moyenne lissée,
- détermination des coefficients de saisonnalité fixes pour chaque semaine et chaque groupe de magasin. Normalisation des coefficients,
- détermination de la moyenne et de la tendance par la méthode linéarisation de Holt-Winters,
- détermination de la prévision (tendance * coefficient de saisonnalité).

3 ACQUISITION ET SAUVEGARDE DES INFORMATIONS DE VENTES

Pour pouvoir effectuer une gestion des stocks efficace, l'inventaire informatique des produits doit être réalisé et l'ensemble des ventes doit être saisie. Il existe de nombreuses solutions logicielles sur le marché capables de s'adapter à ce type de métier. Cependant, l'entreprise de par son activité à caractère fortement saisonnier emploie un grand nombre de personnel pour des délais assez courts et qui n'est pas forcément formé à l'outil informatique. Les logiciels doivent être simples à utiliser pour le commun des mortels, et les délais de formation réduits. Les solutions du type SAP ne sont pas adaptées, certes très performantes et complètes au demeurant, mais bien trop complexes à utiliser. Il existe néanmoins de nombreuses solutions dites métiers du type EBP Gestion Commerciale PRO [EBP] ou Ciel Gestion Commerciale [Ciel] qui auraient pu convenir à la gestion interne des stocks. Cependant, il était inutile de passer l'entreprise PPMC à une gestion des stocks informatisée sans prendre en compte les ventes. Nous allons voir dans la suite comment le choix de la solution d'encaissement a été fait et mis en place.

3.1 Cahier des charges fonctionnel du logiciel d'encaissement

3.1.1 Le profil des ventes

Si les boutiques PPMC ouvertes durant l'année génèrent en moyenne une cinquantaine de ventes par jour, les boutiques ouvertes pour la saison gèrent pendant le gros de la saison une moyenne de 20 clients par heure. En pointe, ce sont près de 60 clients qui se pressent chaque heure dans le magasin. La vitesse de fonctionnement de la solution d'encaissement est un des points cruciaux. En même temps que le vendeur encaisse, il faut également surveiller le vol éventuel dans la boutique, renseigner les clients, remettre en rayon les produits, etc.

3.1.2 Les spécificités des produits

La saisie des articles d'une vente à l'ordinateur est rendue complexe par le fait qu'il est difficile d'implanter code barre ou puce RFID dans les produits. Les articles sont pour bon nombre petits et ne présentent pas de surface plane. Une solution tactile est alors apparue comme étant la solution la plus adaptée à notre problème.

3.1.3 La synchronisation des données

PPMC possède près de dix boutiques et doit être en mesure de fournir son catalogue à une quinzaine de franchisés ou dépositaires. Il était indispensable que la saisie des informations soit centralisée et les données automatiquement synchronisées avec l'ensemble des points de ventes. La plupart des solutions d'encaissement dédiées au commerce de détails offre la possibilité d'importer un catalogue, mais les mises à jour du catalogue sont complexes et peu adaptées à un catalogue qui évolue chaque jour.

3.1.4 Système national de fidélité

Un système de fidélité informatisé centralisé doit permettre, dans l'ensemble des boutiques, de retrouver le compte d'un client et de lui ajouter les points de fidélité de son achat. Ce genre de spécificité n'est disponible dans aucune solution déjà existante sur le marché.

3.1.5 Récupération des statistiques de vente

Un des grands besoins de l'entreprise est d'avoir un retour d'information sur les ventes. Avant l'implémentation du logiciel d'encaissement, l'entreprise ne pouvait estimer les ventes qu'une fois par an, au moment de l'inventaire de la maison mère. Impossible d'avoir des informations détaillées

sur les ventes de chaque magasin, impossible d'avoir d'estimation du vol, en temps réel du démarrage d'un produit ou d'un coloris. Le logiciel d'encaissement doit récupérer l'ensemble de ces informations pour permettre à PPMC d'ajuster ses politiques marketing, d'améliorer ses ventes, de diminuer les invendus, etc.

3.1.6 Récupération des statistiques de vente

La mise en place d'un outil d'encaissement permet également de gérer de façon plus simple les stocks au sein des boutiques. Autrefois, la gestion des commandes de réapprovisionnement se faisait à vue d'œil en fonction du niveau des stocks présents en boutique, et chacun commandait en fonction de la marchandise approximativement nécessaire pour couvrir les besoins de la semaine à venir. Le logiciel d'encaissement permet de tenir à jour l'inventaire des stocks magasins. A partir des informations de ventes, le logiciel de commande doit être capable de déterminer quelle est la quantité optimale à commander.

3.1.7 Délivrance d'un ticket de caisse

Le logiciel d'encaissement permet de faire gagner du temps aux vendeurs en proposant d'imprimer un ticket de caisse pour chaque vente. La plupart des articles confectionnés par PPMC sont vendus avec une réduction de prix lorsqu'ils sont pris par lot de deux. Le logiciel d'encaissement doit par conséquent prendre en compte cette politique tarifaire.

3.2 Les choix technologiques

3.2.1 Une solution développée en interne

De par le cahier des charges établi précédemment, il apparaissait que la meilleure chose à faire était de développer en interne le logiciel d'encaissement comme cela avait été le cas du système de gestion du catalogue « produits ».

3.2.2 Choix du langage et base de données

VB.net est sans doute un des langages de programmation objet les plus adaptés pour travailler avec les bases de données. Il permet d'accélérer le développement d'applications complexes en limitant les redondances de code. VB.net fait appel à un Framework, qui contient une multitude de fonctions auxquelles le programme peut faire appel. C'est un langage interprété par le Framework. Cependant, les applications subissent un processus de compilation qui augmente considérablement la rapidité d'exécution du programme. La base de données MySQL de Sun est une solution open source gratuite qui couvre largement les besoins de PPMC. Pour permettre une synchronisation facile, MySQL est installé sur chaque ordinateur en boutique et la base de données de la maison mère répliquée sur chacun de ces postes.

3.2.3 Le matériel

Comme nous l'avons vu lors de l'étude du cahier des charges, l'écran tactile est sans conteste le meilleur moyen de saisir les produits. De part la quantité d'informations à afficher à l'écran, on est capable d'afficher une page contenant 80 tissus et offrant sur un écran de 17 pouces des zones sélectionnables assez grandes pour qu'un doigt s'y pose. L'interface du logiciel est volontairement simpliste pour que les fonctions essentielles soient facilement accessibles et pour éviter toute perte de temps. Elle est représentée à la Figure 1.

3.3 Aperçu des données récupérées

L'une des principales utilités du logiciel est de pouvoir récolter des informations précises sur le profil des ventes.



Figure 1. Interface globale du logiciel d'encaissement

3.3.1 Conservation des données

Les données sur les ventes sont sauvegardées dans la base de données MySQL de chaque boutique et dans trois tables distinctes. Chaque soir, le serveur de la maison mère déclenche un script qui vient parcourir les bases de données distantes et récupère le contenu de ces tables. Par conséquent, chaque vente est identifiée par une clé unique composée du nom du magasin et d'un numéro de ticket.

3.3.2 Données récupérées et exemples de leur utilisation

Nous disposons de l'ensemble des données de vente des magasins de l'ensemble des magasins depuis le début de l'année 2008. Nous allons voir dans la suite de cette étude que les statistiques de vente ont une importance énorme dans la gestion de stocks. Mais il existe aussi d'autres domaines où l'apparition de ces informations sur les ventes a pu améliorer l'efficacité de PPMC. Grâce au logiciel d'encaissement, on sait exactement comment un produit se vend au jour le jour et quelle portion du marché global il représente. Ainsi, on a pu repérer des produits qui ne représentaient que peu de part de marché, mais qui pourtant demandaient de la place et du temps de manutention. Le logiciel d'encaissement permet de voir au jour le jour les ventes de chaque magasin. Les ventes des magasins de bord de côtes, comme nous l'observons un peu plus tôt, sont fortement saisonnières. Il y a deux principales périodes d'activité pour les magasins saisonniers. La première est courant avril, pendant les vacances de Pâques. Les gens se dirigent vers les stations balnéaires pour profiter des premiers beaux jours. Cette période est suivie d'une période d'accalmie, surtout en juin, période des examens. Vient ensuite la période de juillet-août plus grosse période d'activité. Les vacances de Pâques sont pour PPMC l'occasion de tester les nouveaux modèles et coloris. Grâce aux statistiques, les estimations des ventes futures se basent sur des chiffres fiables, non plus sur des estimations très subjectives. De plus, de part la disponibilité immédiate des données, PPMC a gagné 2 semaines de réactivité, temps autrefois nécessaire pour consulter l'avis de l'ensemble des personnes en boutique.

4 HEURISTIQUE DE GESTION DES STOCKS

4.1 Prévisions des ventes de produits

Nous avons mis en place un modèle, dans la partie prévision des ventes, qui nous donne l'évolution du chiffre d'affaires au fil des semaines. Cette information ne nous intéresse pas, car nous cherchons à prévoir les quantités qui seront vendues dans les semaines à venir. Cependant, les quantités vendues sont

fonction du chiffre d'affaires. Nous avons pu déterminer dans la partie précédente des coefficients de saisonnalité hebdomadaire fixe ($S_{hf}(t, \text{magasin})$) qui sont pour chaque boutique une bonne mesure de l'affluence. Maintenant, ces coefficients ne donnent une idée générale que des fluctuations des quantités vendues. Il convient donc de déterminer les autres paramètres capables de faire varier les ventes.

4.1.1 Saisonnalité des ventes concernant les modèles

Chaque modèle connaît un succès différent en fonction de la période de l'année et présente donc un coefficient de saisonnalité qui lui est propre. Pour calculer ce coefficient, il ne faut pas oublier que nous tenons déjà compte de l'affluence dans le coefficient de saisonnalité hebdomadaire fixe. Par conséquent, il faut éliminer l'influence de l'affluence en dessaisonnant les ventes hebdomadaires de chaque forme. Pour ce faire on divise le chiffre des ventes globales de chaque forme et pour chaque magasin par son coefficient S_{hf} (Chambers V.A., 1977). Il faut également retirer la tendance globale de l'évolution des ventes de chaque magasin en divisant les coefficients par la valeur de la tendance.

4.1.2 Relation entre les ventes et les coloris

Grâce à l'étude des coefficients de saisonnalité globaux, ainsi que les coefficients de saisonnalité pour chaque forme, nous avons à notre disposition l'ensemble des éléments permettant de prévoir l'évolution des ventes globales par modèle, mais il reste toujours à prendre en compte l'influence des coloris. Contrairement aux modèles que l'on retrouve d'une année sur l'autre, les coloris ont une durée de vie courte, ne dépassant bien souvent pas six mois. Il est par conséquent nécessaire de mettre au point un facteur qui, au bout de quelques semaines seulement, rend compte de la part prise par un nouveau tissu dans l'ensemble de la collection. Un des principaux soucis vient du fait que seul un petit nombre de produits (constitué d'un modèle dans un coloris) est écoulé chaque semaine, on parle de quelques unités seulement. Avec une si petite quantité, nous ne sommes pas en mesure de mettre en place un modèle robuste, les incertitudes sont trop grandes et le risque d'erreur important. Il convient dès lors d'effectuer des regroupements pour augmenter le volume de données disponible.

Une première hypothèse de travail consiste à dire que le succès d'un coloris est le même quel que soit le modèle. Pour vérifier cette hypothèse, il est important de faire attention à quelques pièges. L'amplitude générale des ventes n'est pas la même dans les différents magasins, pour les comparer, il faut donc travailler sur des coefficients tenant compte de cette amplitude. Une solution consiste à comparer l'évolution des parts de marché de chaque tissu par rapport au volume global des ventes. On calcule donc le ratio nombre de produits déclinés dans le coloris étudié divisé par le nombre global de produits vendus dans la semaine pour chaque magasin. L'exemple du tissu « fleurs des champs tilleul » est donné à la Figure 2. Que peut-on remarquer? Le pourcentage de la part de marché de ce tissu évolue avec le temps, le démarrage est plutôt lent, les différents modèles déclinés dans ce coloris sont disponibles en boutiques disponibles au fur et à mesure des retours des envois en production. De même, les stocks de ces produits s'épuisent lentement au cours de l'automne, la part de marché de ce tissu diminue progressivement. On remarque donc une bonne corrélation entre les différentes courbes (moyenne du coefficient de corrélation supérieure à 0,9), indiquant que le comportement est quasi identique dans l'ensemble des boutiques. On peut observer également que les valeurs des parts de marchés ne sont pas parfaitement identiques. Cette différence vient du fait que certains magasins mettent à

disposition, de part leur surface, un plus grand choix de produits. Il est nécessaire de tenir compte de cette différence dans l'heuristique pour ne pas fausser les résultats.

En conclusion, on admet que l'évolution des parts de marché de chaque tissu est identique dans chaque boutique. Puisque nous n'avons effectué une démonstration que pour les parts globales du marché, cela revient à prendre l'hypothèse que quelque soit le magasin les succès d'un produit est le même. D'après ce que l'on a pu remarquer du succès général d'un tissu qui est le même quelque soit la boutique, on admet par extension qu'au sein d'un même modèle, l'évolution des parts de marché d'un tissu est la même quelle que soit la boutique.

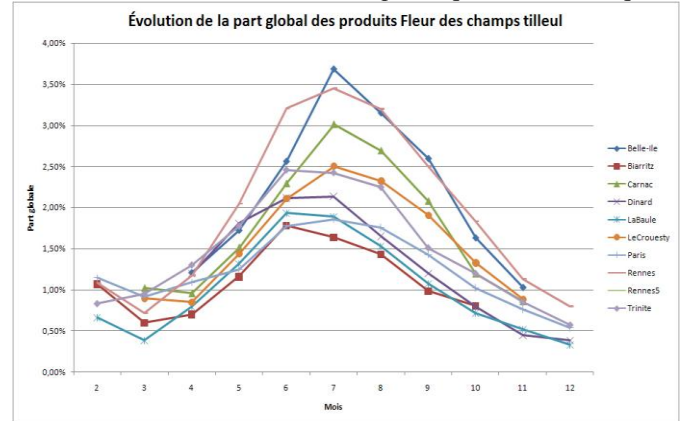


Figure 2. Comparaison de la part prise par le tissu « fleurs des champs tilleul » dans les ventes globales

Malgré cela, il est impossible de présager d'un comportement de groupe pour chaque coloris quelque soit le modèle. Par conséquent, pour effectuer une estimation précise des ventes, il faut calculer les statistiques de part de marché de chaque produit, tout magasin confondu.

4.1.3 Heuristique de prévision

On cherche à prévoir à court terme (une à deux semaines) chaque semaine quelles seront les ventes de chaque produit. Nous disposons des relevés du chiffre d'affaires des 5 dernières années ainsi que de l'ensemble des informations de ventes détaillées des magasins pour l'année 2008. Nous allons fonctionner en deux temps : la première étape consiste à prévoir la quantité globale de chaque modèle vendue. La deuxième cherche à déterminer la part de chaque coloris dans ce chiffre.

- Prévision des ventes par modèle ;
- Prévision des ventes par produit ;

L'heuristique s'exécute sur le serveur de la maison mère, en effet, pour effectuer les prévisions, nous avons besoin des données de toutes les boutiques et par conséquent cette opération doit être centralisée, le serveur de la maison mère est le plus adapté à ce besoin. L'heuristique est exécutée à chaque début de semaine pour fournir les prévisions nécessaires aux boutiques durant la semaine. L'ensemble des étapes de l'heuristique s'énonce ainsi :

- rapatriement des dernières données de ventes ;
- amélioration des coefficients de saisonnalité fixes ;
- calcul de la prévision des ventes de chaque modèle pour chaque magasin pour la semaine à venir ;
- calcul des parts de marché de chacun des tissus, pour chaque modèle sans distinction de magasin ;
- calcul d'une première prévision des ventes de chaque produit pour chaque magasin ;
- estimation des erreurs et de la précision ;
- amélioration des prévisions.

5.3 Premières observations

Dans un premier temps, il convient de distinguer les caractéristiques des différents magasins et de trouver des similitudes qui permettent de travailler par catégories les données. Nous disposons des chroniques hebdomadaires du chiffre d'affaires de chaque magasin sur 4 ans pour les magasins anciens, depuis leur date d'ouverture pour les magasins plus récents.

5.4 Dessaisonnalisation des chroniques

Comme nous l'avons vu précédemment, il est possible de dessaisonnaliser une série par la méthode la plus simple à mettre en place, mais qui est approximative, elle consiste à faire une régression linéaire. Car, l'utilisation de la moyenne mobile présente le désavantage de diminuer l'horizon d'étude de 6 mois en début et fin de chronique ce qui n'est pas acceptable pour certains magasins dont l'horizon est de un an et demi, la chronique est ensuite dessaisonnalisée à partir de des coefficients saisonniers, et on détermine une tendance plus réaliste. Il s'agit d'une méthode itérative.

On détermine la moyenne mobile d'ordre 52 des chiffres d'affaires hebdomadaires de chaque magasin pour les 4 dernières années. À partir de cette moyenne, on détermine les coefficients saisonniers pour chaque semaine, de chaque année et de chaque magasin. Les coefficients saisonniers ne sont pas normés; ce choix s'explique par le fait que chaque magasin n'est pas forcément ouvert chaque année le même nombre de semaine, la normalisation viendrait affecter ces coefficients. En comparant la superposition des courbes d'évolution de coefficients saisonniers hebdomadaires de chaque année et de chaque magasin, on remarque que ces coefficients sont quasi constants au cours des années, signifiant qu'il est préférable d'utiliser des coefficients saisonniers fixes.

Si l'on observe maintenant les coefficients saisonniers de Carnac représentés à la Figure 5, on remarque qu'il est difficile de baser notre réponse sur l'imbricage des valeurs des coefficients des semaines numéro 11 à 23. Les forts pics d'activité durant cette période sont dus aux vacances scolaires de février et de Pâques, ainsi qu'aux longs ponts entourant les jours fériés de mai; En dehors de ces moments de forte affluence, les magasins sont généralement très peu fréquentés et les ventes très limitées. Il en résulte une forte amplitude des variations des coefficients saisonniers durant cette période. A l'inverse, quand on observe les coefficients des semaines au-delà de la semaine numéro 23, on remarque une bonne reproductibilité du phénomène d'une année sur l'autre. Outre la forme générale de la courbe, les valeurs des coefficients sont très proches. Si l'on observe la période de la semaine 25 à 35, période de haute saison, à savoir juillet et août, l'écart type moyen constaté est inférieur à 15% de la valeur moyenne. Cela montre que les valeurs varient peu au fil des années, on peut conclure sans risque qu'il est nécessaire d'utiliser un modèle à coefficients saisonniers fixes pour le magasin de Carnac. En appliquant la même méthode aux autres chroniques, on constate que le modèle à coefficients saisonniers fixes peut être adopté pour l'ensemble des boutiques.

5.5 Regroupements

On dispose dorénavant d'une table contenant l'ensemble des coefficients saisonniers des différentes boutiques sur 4 ans. On détermine les coefficients saisonniers fixes de chacun des magasins en effectuant la moyenne de leurs valeurs au cours des 4 années. On effectue ensuite une comparaison des courbes de ces coefficients saisonniers fixes entre chaque magasin (Figure 6). Nous sommes en mesure ici de retrouver les

grandes catégories de magasins dont nous avons parlé plus tôt, à savoir les magasins de bord de mer d'un côté, les magasins ouverts à l'année de l'autre. Sans surprise, on constate que, pour les magasins de bord de mer, les périodes de pleine activité sont les mêmes. Il est plus surprenant de constater que les valeurs des coefficients sont très proches. Cela signifie que des magasins malgré leurs spécificités (villes, type de clientèle, climat, etc.) ont des comportements saisonniers identiques. Il est intéressant de se servir de cette particularité pour constituer des coefficients saisonniers plus fiables. Dans la suite de notre étude, nous ne considérerons donc plus qu'une seule et unique série de coefficients saisonniers fixes pour l'ensemble des magasins saisonniers.

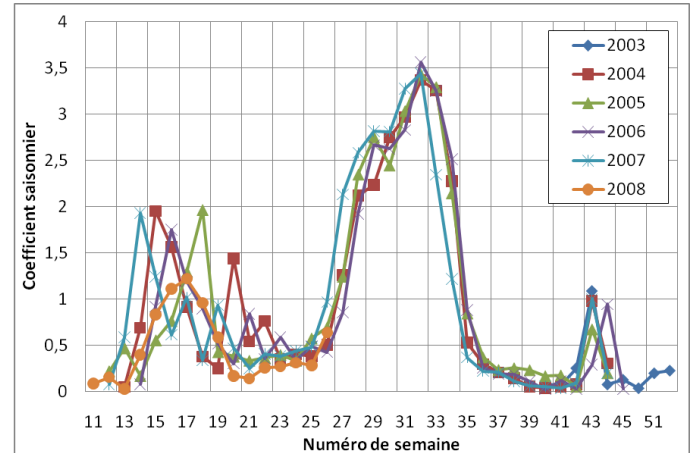


Figure 5. Évolution des coefficients saisonniers hebdomadaires au cours des dernières années

5.6 Comparaison des méthodes de prévision

Pour effectuer une prévision de l'évolution du chiffre d'affaires à partir de notre moyenne mobile, il est nécessaire d'établir une prolongation de la tendance de façon à déterminer son évolution. Pour ce faire, on peut approcher la courbe de tendance par une équation de type polynomiale. Dans notre cas, nous ne souhaitons obtenir une prévision des ventes qu'à court terme, de une à trois semaines, une régression linéaire est parfaitement adaptée. À partir de cette tendance et des coefficients de saisonnalité fixes mis au point précédemment, on établit des prévisions. Cette première série de prévisions est appelée modèle basé sur MM52 dans la suite de notre étude.

Dans un second modèle, on utilise la méthode de Holt-Winters pour effectuer notre prévision. Cette méthode effectue trois lissages distincts, l'un sur la moyenne, l'autre sur la tendance et le dernier sur la saisonnalité. Grâce à trois coefficients de lissage, α , β , γ , on est capable d'ajuster notre modèle de façon à ce que chaque paramètre (moyenne, tendance, saisonnalité) tienne compte des valeurs anciennes de l'historique, ou à l'inverse du cas le plus récent. Dans la suite de notre étude, ce modèle sera présenté sous le nom de modèle de Holt-Winters.

Notre dernier modèle est lui aussi basé sur le modèle de Holt-Winters. Cependant, la méthode classique ne prend pas en compte les coefficients fixes de saisonnalité, mais un système de coefficients lissés qui, en fonction du coefficient de lissage γ , tiennent compte de leur hérédité. Or nous avons vu récemment que les ventes des magasins PPMC étaient plus aptes à être dessaisonnalisées par des coefficients de saisonnalité fixes. Le modèle désigné Holt-Winters, modifié dans la suite de cette étude, présente un double lissage de la moyenne et de la tendance ainsi que des coefficients de saisonnalité fixes. Les deux modèles basés sur Holt-Winters utilisent des coefficients de lissage dont les valeurs sont les suivantes : $\alpha=0.3$, $\beta=0.1$ et $\gamma=0.2$ (uniquement utilisé dans le

deuxième modèle). Il s'agit de valeurs neutres de coefficients de lissage qui donnent un poids équilibré aux valeurs passées comme aux valeurs actuelles.

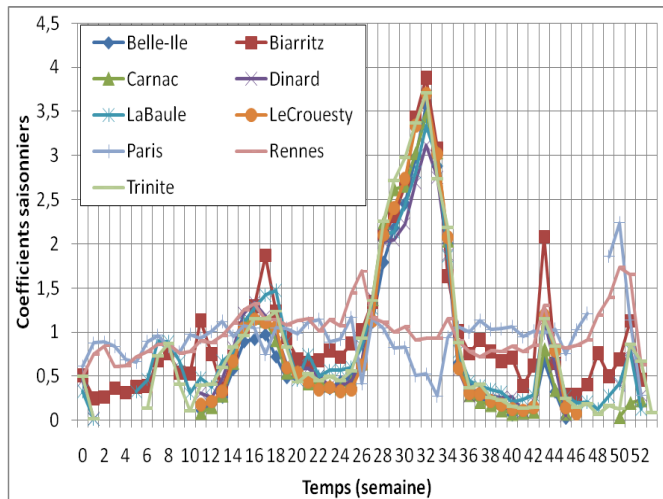


Figure 6. Comparaison des coefficients saisonniers des différents magasins

Pour mesurer la qualité de nos modèles, on effectue des prévisions à une semaine des ventes de l'ensemble des magasins PPMC à l'aide de nos trois modèles. Pour établir un point de comparaison entre ces modèles, on calcule année après année les coefficients de corrélation entre chaque modèle et les chiffres d'affaires réels. Les taux correspondent aux taux de corrélation du modèle avec la réalité. Au bilan, on peut remarquer que les deux modèles à coefficients de saisonnalité fixes sont les plus précis. Ces deux modèles présentent des résultats assez homogènes et sont difficilement dissociables. Les calculs liés à la méthode de Holt-Winters étant moins coûteux en temps de calcul-machine, on préférera ce modèle à celui basé sur la moyenne mobile.

6 RESULTATS INDUSTRIELS ET DISCUSSION

Nous disposons des résultats des prévisions pour les trois premières années. Même si ces statistiques n'offrent pas encore beaucoup de recul et sont par conséquent à prendre avec précautions, elles permettent néanmoins d'avoir une idée de la qualité des prévisions. Il est par contre très difficile de juger de la qualité de la distribution des produits en elle-même. Il faudrait pour cela comparer les stocks avant et après l'utilisation de l'heuristique, pour voir si effectivement il limite les quantités présentes en magasin. Cette étude comparative ne pourra être menée que lorsque nous disposerons d'un recul plus important. Pour tester la qualité de l'heuristique de prévision, on compare la valeur des prévisions à celle des ventes réelles. On regarde entre autre la proportion des prévisions qui couvrent ou dépassent les ventes réelles. En moyenne, les prévisions couvrent ou dépassent les ventes réelles pour 95,71% des produits. On est au delà des 90% recherchés, la différence vient de l'arrondi à l'entier supérieur utilisé pour déterminer la quantité à commander. Dans l'ensemble, l'heuristique apporte des prévisions fiables qui respectent les 90% de satisfaction clients.

7 CONCLUSION

Les théories de prévision des ventes existent depuis les années cinquante et n'ont eu de cesse de se développer avec l'avènement de l'outil informatique. Cependant, il reste des domaines d'activité où leur mise en place est complexe. Le but de cette recherche était avant tout de prouver la possibilité de prévoir, de manière fiable, les ventes de petites entreprises

comme PPMC, où le nombre de déclinaisons produits complexifie considérablement la mise en place de ce genre de système. L'objectif de cette recherche était de trouver une méthode fiable qui permette de prévoir les ventes malgré la diversité des produits. La méthode proposée se veut la plus générale possible. Pour une entreprise qui vend chaque année plus de 400 000 produits rien que dans une dizaine de boutiques, il fallait répondre à la question : « Comment maîtriser au mieux les réapprovisionnements de ces boutiques? ». Pour trouver une réponse à cette question, il a fallu créer les logiciels capables d'acquérir l'ensemble de ces 400 000 ventes et de suivre l'évolution des stocks des 6500 produits concernés. Le logiciel d'encaissement chargé de l'acquisition de ces données avait comme contrainte principale d'être suffisamment ergonomique pour que son utilisation ne fasse pas perdre de temps par rapport à un encaissement manuel. Il a fallu aussi trouver comment interpréter ces 400 000 ventes annuelles pour être en mesure d'offrir une prévision des ventes pour ces 5000 produits. Cependant, si les produits d'une entreprise ont une durée de vie limitée par la saisonnalité des collections de tissus utilisées. Avec un historique moyen ne dépassant pas 6 mois et des ventes hebdomadaires de quelques unités, il est impossible de prévoir directement l'évolution des ventes de chaque produit. Il a fallu croiser et recouper les données pour être en mesure de trouver des comportements de groupe à même de nous offrir un volume de données suffisant pour appliquer les théories prévisionnistes. Enfin, nous sommes en mesure d'offrir une heuristique capable de prédire les ventes de chaque produit deux semaines à l'avance. Ces prévisions intégrées dans un logiciel de réapprovisionnement offre à chaque boutique une assistance logicielle pour commander un stock adapté à ses besoins et qui lui évite de les invendus en fin de saison. La maison mère qui héberge le plus gros du stock est dorénavant en mesure de mieux distribuer sa production et d'offrir aux clients franchisés ces stocks non disséminés en boutique.

8 RÉFÉRENCES

- Bourbonnais R., Usunier J.-C., (2007), *Prévision des Ventes : Théorie et pratique* (4^{ème} éd.), Economia.
- Brown R.G., (1963), *Smoothing, forecasting and prediction of discrete time series*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall
- Brown R.G., (1959), *Statistical forecasting for inventory control*, New York, McGraw-Hill.
- Business Forecast System, Inc, Belmont, MA, USA, <http://www.forecastpro.com/>.
- Chambers V.A., (1977), "Choisissez votre technique de prévision", *Harvard - L'expansion*, No. 4.
- Ciel, Paris, France, <http://www.ciel.com/>.
- D3S, SEI-Fagor, Bidart, France, <http://www.optimate.fr/>
- EBP Informatique SA, Rambouillet, France, <http://www.ebp.com/>.
- Farnom N.R., Stanton L.Z., (1989), *Quantitative forecasting methods*, PWS-Kent Publishing
- Holt C., (1957), *Planning production inventories and work force*, Prentice Hall.
- OMP Forecaster, Aperia, Paris, France, <http://www.aperia.fr/>.
- SAP Demand Planning, Walldorf, Allemagne, <http://www.sap.com/>.
- Talluri S., Cetin K., Gardner, A.J., (2004), "Integrating demand and supply variability into safety stock evaluations", *Int.l Journal of Physical*, Vol. 34, No. 1.
- Winters P.R., (1960), *Forecasting sales by exponentially weighted moving averages*, *Management Science*, vol. 6.