

The Bank of Canada's new Quarterly Projection Model (QPM): An introduction

Le nouveau Modèle trimestriel de prévision (MTP) de la Banque du Canada : un aperçu

In September 1993 the staff of the Bank of Canada began using a new model of the Canadian economy, called the Quarterly Projection Model (QPM) in English, or le Modèle trimestriel de prévision (MTP) in French. A small team has been working on the model's development since 1989. Although the model is substantially complete and has now entered production, its structure is expected to continue to evolve over time. The purpose of this article is to provide an overview of the model's general characteristics.

The model has been designed to serve a dual purpose. First, as its name implies, the model is intended for use by the staff in preparing economic projections. Economic projection exercises are conducted quarterly at the Bank and form an important basis for discussions of monetary policy between the staff and senior management.¹ Second, the model is designed as a research tool, to be used when analyzing important changes to the economy or to macroeconomic policies which require a deeper understanding of the longer-term equilibrating forces that influence economic behaviour over time. That QPM succeeds in combining these two roles represents an important step forward in economic modelling.

¹A discussion of how economic projections figure in the Bank's policy formulation process is provided in P. Duguay and S. Poloz (1994), "The Role of Economic Projections in Canadian Monetary Policy Formulation," *Canadian Public Policy* 20, 189-199.

This article was prepared by Stephen Poloz, David Rose and Robert Tetlow of the Research Department.

En septembre 1993, le personnel de la Banque du Canada a commencé à utiliser un nouveau modèle de prévision et de simulation de l'économie canadienne. Il a pour nom «Modèle trimestriel de prévision» (MTP), en français, et Quarterly Projection Model (QPM) en anglais. Entrepris en 1989 par une petite équipe de chercheurs, le travail d'élaboration est maintenant en grande partie terminé et la production a commencé, mais on s'attend à ce que la structure du modèle continue d'évoluer au fil du temps. L'objet du présent article est de donner au lecteur un aperçu des caractéristiques générales du modèle. Le modèle a été conçu avec un objectif double. Premièrement, comme son nom l'indique, il sert à la préparation de projections économiques par le personnel de la Banque. Effectuées tous les trimestres à la Banque, les projections économiques constituent une importante base pour les discussions sur la politique monétaire entre les économistes et la Haute direction¹.

Deuxièmement, le modèle est conçu comme un outil de recherche qui sera mis à contribution dans l'analyse des changements importants que subissent l'économie et les politiques macroéconomiques, ceux-ci nécessitant une connaissance plus approfondie des forces d'équilibre qui agissent à la longue sur l'économie. Le fait que le MTP réussit à remplir ces deux rôles constitue un progrès important dans le domaine de la modélisation de l'économie.

¹Pour une discussion du rôle que jouent les projections économiques dans le processus de prise de décisions de la Banque en matière de politique monétaire, voir l'article de P. Duguay et S. Poloz intitulé «The Role of Economic Projections in Canadian Monetary Policy Formulation», paru dans *Analyse de Politiques*, 1994, volume 20, pp. 189-199.

Le présent article a été rédigé par Stephen Poloz, David Rose et Robert Tetlow, du département des Recherches.

Some history

The staff at the Bank of Canada have been actively engaged in macroeconomic modelling for over 25 years. This history began with the model RDX1 (RDX standing for Research Department Experimental), and progressed to the more fully articulated model RDX2; both versions were developed by teams consisting of Bank staff and Canadian academic economists.² These models were intended as research and learning tools that would allow medium-term simulations of alternative policy choices, although the modellers also sought to explain observed movements in the data. The models contained a number of economic concepts which were difficult to construct empirically, and for which the underlying data were difficult to maintain over time. Also, the dynamic structures were often found to be unstable when new data were added to the estimation period; RDX2 was modified repeatedly over the 1970s as evidence accumulated that certain sectors were deficient in explaining the data.³

The Bank's commitment to having a well-articulated macroeconomic model at the centre of policy discussions nevertheless strengthened over time, and by the late 1970s there was a growing demand within the Bank for model-based economic projections. RDX2 had not been intended as a forecasting tool. However, the model had been used to analyze economic shocks around a projected path for the economy based on 8-quarter-ahead judgmental forecasts developed by the Bank staff. Early experimentation with RDX2 to generate a model-based projection for the economy proved extremely difficult; so to meet this need RDXF was developed (F representing "forecast").⁴ RDXF was intended to be more "practical" than RDX2. Although it had about the same number of equations as RDX2, the model's data requirements were greatly simplified by giving the model a shorter-term focus. Individual equations were developed with more attention given to their ability to explain historical data, and less weight given to particular theoretical properties, and some of those properties were compromised as a result.

²J. Helliwell, L. Officer, H. Shapiro and I. Stewart (1969), "The Structure of RDX1," Bank of Canada staff Research Study No. 3, and "The Dynamics of RDX1," Bank of Canada Research Study No. 5; and J. Helliwell, H. Shapiro, G. Sparks, I. Stewart, F. Gorbet and D. Stephenson (1971), "The Structure of RDX2," Bank of Canada Staff Research Study No. 7.

³See, for example, "The equations of RDX2 revised and estimated to 4Q72," Bank of Canada Technical Report No. 5 (1976); and "Sectoral analysis of RDX2 estimated to 4Q72," Bank of Canada Technical Report No. 6 (1977).

⁴This work spanned a number of years and involved a large number of people; it is documented in H. Robertson and M. McDougall (1980), "The Equations of RDXF," Bank of Canada Technical Report 25; and "The Structure and Dynamics of RDXF," Bank of Canada Technical Report 26.

Historique de la modélisation à la Banque

La modélisation macroéconomique se fait activement à la Banque du Canada depuis plus de 25 ans. Tout a commencé avec l'élaboration du modèle annuel RDX1 (Research Deptment Experimental), auquel a succédé un modèle trimestriel plus structuré, le RDX2; ces deux modèles ont été mis au point par des équipes formées d'économistes de la Banque du Canada et d'universitaires canadiens². Les modélisateurs voulaient construire des outils de recherche et de formation susceptibles de servir à la simulation à moyen terme de différentes politiques économiques, mais ils ont également cherché à saisir les variations observées des données économiques. Les modèles incorporent un certain nombre de concepts économiques qui étaient difficiles à construire sur le plan empirique et dont les données fondamentales étaient difficiles à mettre à jour sur longue période. En outre, les structures dynamiques devenaient souvent instables lorsque de nouvelles données étaient ajoutées à la période d'estimation. RDX2 a été modifié à plusieurs reprises au cours des années 70, au fur et à mesure qu'on se rendait compte que certains pans du modèle expliquaient mal les données³.

Au fil des ans néanmoins, la Banque est devenue de plus en plus déterminée à mettre au point un modèle macroéconomique hautement structuré pour servir d'outil de base de l'analyse des politiques, et la demande de projections fondées sur des modèles avait augmenté au sein de l'institution vers la fin des années 70. Le modèle RDX2 n'avait pas été conçu comme un outil de prévision. Il avait cependant été utilisé pour analyser l'incidence des chocs économiques sur un sentier d'évolution de l'économie établi à partir de projections de nature déductive effectuées huit trimestres à l'avance par le personnel de la Banque. Les premières tentatives pour établir des projections économiques à l'aide de RDX2 ont été extrêmement laborieuses; on a donc décidé de mettre au point un outil plus «pratique», le modèle RDXF (F, pour Forecast)⁴. Même s'il comportait à peu près le même nombre d'équations que RDX2, le nouveau modèle était axé sur le court terme, ce qui simplifiait grandement les exigences en matière de données. Les modélisateurs avaient accordé davantage d'attention à la capacité des équations de saisir les données chronologiques et moins de poids à des propriétés théoriques particulières, ce qui a eu pour effet d'affaiblir certaines de ces propriétés. En conséquence, le nouveau modèle avait été conçu pour

²J. Helliwell, L. Officer, H. Shapiro et I. Stewart (1969), *The Structure of RDX1*, Travail de recherche n^o 3 de la Banque du Canada, et *The Dynamics of RDX1*, Travail de recherche n^o 5 de la Banque du Canada; J. Helliwell, H. Shapiro, G. Sparks, I. Stewart, F. Gorbet et D. Stephenson (1971), *The Structure of RDX2*, Travail de recherche n^o 7 de la Banque du Canada.

³Voir notamment *The equations of RDX2 revised and estimated to 4Q72*, Rapport technique n^o 5 de la Banque du Canada, 1976, et *Sectoral analysis of RDX2 estimated to 4Q72*, Rapport technique n^o 6 de la Banque du Canada, 1977.

⁴Le travail d'élaboration de RDXF s'est échelonné sur plusieurs années et a nécessité la participation d'un grand nombre de personnes. Pour de plus amples renseignements, voir H. Robertson et M. McDougall (1980), *The Equations of RDXF*, Rapport technique n^o 25 de la Banque du Canada, et *The Structure and Dynamics of RDXF*, Rapport technique n^o 26 de la Banque du Canada.

Accordingly, the model was intended to be useful for predicting economic behaviour over relatively short horizons.

Somewhat ironically, during the 1980s the focus of monetary policy was turning increasingly towards the medium term. RDXF was barely operational when its users were asked to produce projections five years into the future and, somewhat later, to generate policy scenarios consistent with the historical starting point and with getting the growth of nominal spending or inflation onto a preferred path at some point in the future. The model had not been designed for such tasks and considerable judgment had to be exercised in using it this way. Some work was invested in simple models with a focus on monetary policy issues and the insights that were gained served to heighten interest further in developing a single model that could perform both medium-term economic projections and the policy analysis roles.⁵ Meanwhile, a small annual model (SAM) with formal microeconomic foundations was being developed.⁶ With a stronger theoretical base than RDX2, SAM was seen as a logical complement to the short-term nature of RDXF. SAM had a well-defined steady-state solution, which is to say that the long-run equilibrium to which the model simulations would eventually converge was carefully set out and derived to be consistent with economic theory. This steady state defined equilibrium in terms of both stocks (for example, wealth) and flows (for example, consumption spending) explicitly, distinguished dynamics arising from expectations and from other sources, and dealt separately with the energy sector. All of these positive attributes, however, made SAM relatively complex and difficult to maintain, and RDXF continued to be the central model used for economic projections, despite its limitations.

The Bank's experience with macroeconomic models over the 1970-90 period contains several lessons. First, despite their limitations, models can be very helpful in analysis of both fundamental, long-term policy issues and shorter-term economic developments. Second, the inability of estimated models to predict well for any length of time outside their estimation period seemed to point to the importance of incorporating consistent long-run properties and forward-looking behaviour explicitly into a model's structure. Third, it illustrated the unavoidable tension that exists between the desire for theoretical rigour and for short-term forecasting ability. Finally, it demonstrated the difficulty that an institution faces in attempting to maintain intellectual

prédire le comportement des agents économiques sur des horizons relativement courts.

Ironiquement, la politique monétaire était de plus en plus axée sur le moyen terme au cours des années 80. Le modèle RDXF n'était pas sitôt mis en exploitation que ses utilisateurs se sont vu demander de produire des projections sur un horizon de cinq ans, puis, un peu plus tard, d'élaborer des scénarios de formulation de politiques compatibles avec les données chronologiques de départ et avec l'obtention, dans un horizon donné, d'un sentier de croissance de la dépense nominale ou d'inflation. Le modèle RDXF n'avait pas été conçu pour de telles tâches, et il fallait faire preuve de beaucoup de discernement pour l'utiliser à cette fin. Des efforts avaient été consacrés à la construction de modèles simples destinés à l'analyse de questions liées à la politique monétaire, et les connaissances acquises avaient eu pour effet de stimuler encore plus la volonté d'élaboration d'un modèle unique pouvant servir à la fois à l'établissement de projections économiques à moyen terme et à l'analyse de politiques⁵. Entre-temps, des économistes de la Banque avaient mis en chantier le SAM, modèle annuel de petite taille reposant sur des fondements microéconomiques formels⁶. Doté d'une assise théorique plus solide que le RDX2, le modèle SAM était considéré comme le complément logique du modèle RDXF, orienté sur le court terme. Le modèle SAM avait une solution de régime permanent bien définie, ce qui signifie que l'équilibre à long terme vers lequel cette solution devait tendre au fil des simulations était soigneusement établi et dérivé en conformité avec la théorie économique. Cette solution de régime permanent permettait de définir de façon explicite l'équilibre en termes de stock (par exemple, la richesse) et de flux (par exemple, les dépenses de consommation), de faire la distinction entre les dynamiques liées aux attentes et celles provenant d'autres sources, et de traiter séparément le secteur énergétique. Cependant, toutes ces caractéristiques positives rendaient SAM assez complexe et difficile à exploiter, et RDXF a continué, en dépit de ses limites, d'être le modèle le plus utilisé pour les projections économiques.

La Banque a tiré plusieurs enseignements de l'expérience qu'elle a acquise dans la construction et l'utilisation de modèles macroéconomiques durant la période 1970-1990. Le premier est que, en dépit de leurs carences, les modèles peuvent être très utiles pour l'analyse tant des enjeux fondamentaux à long terme de la politique économique que de l'évolution économique à court terme. Le deuxième est que, compte tenu de l'incapacité des modèles estimés de fournir de bonnes projections au-delà de leur période d'estimation, il semble important d'incorporer explicitement dans leur structure des propriétés de long terme et un comportement prospectif qui soient cohérents. Le troisième est qu'on ne peut éviter le conflit qui existe entre le désir de rigueur théorique et celui de pouvoir faire des prévisions à court terme. Le

⁵See, for example, D. Longworth and S. Poloz (1986), "A Comparison of Alternative Monetary Policy Regimes in a Small Dynamic Open-Economy Simulation Model," Bank of Canada Technical Report 42.

⁶See D. E. Rose and J. G. Selody (1985), "The Structure of the Small Annual Model," Technical Report 40.

⁵Voir, par exemple, D. Longworth et S. Poloz, *A Comparison of Alternative Monetary Policy Regimes in a Small Dynamic Open-Economy Simulation Model*, Rapport technique n^o 42 de la Banque du Canada, 1986.

⁶Voir D. E. Rose et J. G. Selody, *La structure du modèle SAM*, Rapport technique n^o 40, 1985.

momentum on more than one economic model. From this experience emerged the basic philosophy of QPM.

The QPM system

It is convenient to think of QPM as a system. There are two formal models: one of the steady state, or long-run equilibrium, in which economic theory is at the highest possible level of rigour (called SSQPM, for “steady-state” QPM); and a set of dynamic relationships that provide paths linking starting conditions to the solutions implied by the steady state (called full QPM, or simply QPM).⁷

Because of its highly aggregated nature compared to the RDX models, there are a number of satellite models around the periphery of QPM. These satellites usually describe the behaviour of variables that are appropriately analyzed at a more disaggregated level than available in QPM. For instance, the aggregate variable “consumption expenditure” appears in QPM, but for purposes of monitoring economic developments a greater degree of disaggregation of consumption data is preferred (motor vehicle sales and other retail sales, for instance). In general, satellite models are used to generate disaggregated projections, consistent with the macroeconomic outlook, that can then be used as a basis for understanding and evaluating new data and to provide a check on the overall consistency of the aggregate projection.

The QPM system also includes an extensive database in which a range of complex variables are automatically maintained.⁸ Running the model requires a newly developed simulation algorithm built for models with forward-looking expectations. The development of a robust simulation algorithm was a very important step in the process, as QPM contains a number of features that combine to produce a computing problem that could only be solved with great difficulty using existing software.⁹ Given that a formal optimization problem lies at its core, the equations of QPM are very highly interdependent; that is, many of the

dernier enseignement est qu’il est difficile pour une institution de maintenir l’élan intellectuel nécessaire pour mener plusieurs travaux de modélisation de front. C’est à partir de ces enseignements qu’ont été établis les principes de base sur lesquels s’appuie le MTP.

Le système MTP

On peut aisément considérer le MTP comme un système, car il est en fait formé de deux modèles. Le premier (appelé MTPRP, ou MTP de régime permanent) est un modèle de régime permanent, ou d’équilibre de long terme, qui satisfait aux critères les plus rigoureux qui soient de la théorie économique; le deuxième (appelé modèle complet ou simplement MTP) consiste en un ensemble de relations dynamiques qui tracent les sentiers menant des conditions de départ aux solutions implicites de régime permanent⁷.

En raison du niveau élevé d’agrégation qu’il présente par rapport aux modèles de la famille RDX, le MTP s’accompagne d’un certain nombre de modèles satellites. En général, ces derniers servent à décrire le comportement de variables dont l’analyse se fait mieux à un niveau plus détaillé que ne le permet le MTP. Par exemple, même si la variable globale «dépenses de consommation» figure dans le MTP, il est préférable, afin de suivre l’évolution de l’économie, de retenir un niveau d’agrégation moindre des données de la consommation (par exemple les chiffres des ventes de véhicules automobiles et d’autres ventes au détail). Les modèles satellites servent généralement à la production, en conformité avec la conjoncture macroéconomique, de projections détaillées pouvant être utilisées pour comprendre et évaluer de nouvelles données et pour vérifier la cohérence de la projection globale.

Le système MTP comprend également une vaste base de données dans laquelle un éventail de variables complexes sont automatiquement mises à jour⁸. L’exploitation du modèle nécessite l’utilisation d’un nouvel algorithme de simulation conçu pour les modèles à anticipations prospectives. Il était crucial de mettre au point un algorithme de simulation robuste, car le MTP comporte un certain nombre de caractéristiques qui, une fois réunies, posent un problème de calcul qu’il était très difficile de résoudre à l’aide des logiciels existants⁹. Compte tenu du processus d’optimisation formelle qui

⁷An early prototype of QPM is set out in D. Laxton and R. Tetlow (1992), “Government Debt in an Open Economy,” Bank of Canada Technical Report 58. The steady-state model is documented in R. Black, D. Laxton, D. E. Rose and R. Tetlow (1994), “The Structure, Calibration and Properties of SSQPM: Determinants of the Steady State of the Bank of Canada’s New Quarterly Projection Model,” Bank of Canada Technical Report (forthcoming).

⁸An example is the treatment of potential output. Interested readers are referred to D. Laxton and R. Tetlow (1992), “A Simple Multivariate Filter for the Measurement of Potential Output,” Bank of Canada Technical Report 59.

⁹The most widely used algorithm for solving forward-looking models was developed by R. Fair and J. Taylor (1983), “Solution and Maximum Likelihood Estimation of Dynamic Nonlinear Rational Expectations Models,” *Econometrica* 51, 1169-85. The new simulation algorithm and its properties are described in J. Armstrong, R. Black, D. Laxton, and D. Rose (1994), “A Fast and Robust Method for Solving Rational Expectations Models,” Bank of Canada Technical Report (forthcoming).

⁷Les caractéristiques d’un prototype du MTP ont été décrites par D. Laxton et R. Tetlow dans le Rapport technique n^o 58 de la Banque du Canada, *Government Debt in an Open Economy*, publié en 1992. Celles du modèle MTP de régime permanent sont présentées dans R. Black, D. Laxton, D. E. Rose et R. Tetlow (1994), *The Structure, Calibration and Properties of SSQPM: Determinants of the Steady State of the Bank of Canada’s New Quarterly Projection Model*, Rapport technique de la Banque du Canada (à paraître).

⁸Le traitement de la production potentielle en est un exemple. Le lecteur pourra consulter D. Laxton et R. Tetlow, *A Simple Multivariate Filter for The Measurement of Potential Output*, Rapport technique n^o 59 de la Banque du Canada, 1992.

⁹L’algorithme le plus largement employé pour la résolution de modèles prospectifs a été élaboré par R. Fair et J. Taylor, qui en ont présenté les différentes caractéristiques dans leur article intitulé «Solution and Maximum Likelihood Estimation of Dynamic Nonlinear Rational Expectations Models», *Econometrica*, 1983, volume 51, pp. 1169-1185. Le nouvel algorithme de simulation et ses propriétés sont décrits dans J. Armstrong, R. Black, D. Laxton et D. Rose (1994), *A Fast and Robust Method for Solving Rational Expectations Models*, Rapport technique de la Banque du Canada (à paraître).

variables in QPM are determined simultaneously, rather than recursively. As well, the theory behind QPM produces a number of nonlinear relationships, complications which, in previous modelling efforts, have tended to be simplified through the use of linear approximations. The computing difficulties associated with these features are greatly compounded, however, by the introduction of forward-looking, model-consistent expectations in the model. That is, in equations where it is hypothesized that behaviour will depend on the expected future value of some variable (for example, expected inflation), the simulation algorithm substitutes for that variable a level that puts some weight on the future value that comes from the model simulation itself.

Conceptually, one simulates the model as many periods forward as necessary to generate future expected values for the specified variable; these expected values are then substituted back into the model; the simulation procedure is repeated until the future expected values of the variable converge upon the full model solution. The latter property has given rise to the term “model-consistent expectations” rather than the theoretical concept of “rational expectations.” The new algorithm takes advantage of recent advances in computing technology that render practical computational methods requiring a great deal of computer memory and, by consequence, much less computing time than earlier ones.

Steady-state QPM

QPM models the behaviour of households, firms, foreigners, a government (consolidating all levels of the public sector), and a central bank. The decisions of these agents interact to determine the ultimate levels of four key stocks: household financial wealth, capital, government debt, and net foreign assets. These target stock levels in turn are key determinants of the associated flows, such as consumption spending, saving, investment spending, government spending and revenues, and the external balance. There is a formal stock/flow accounting framework that ensures full consistency among all variables both in long-run equilibrium and along the dynamic adjustment path.

Households in QPM are modelled using a theoretical device known as “overlapping generations.” Consumers live an uncertain length of time and must plan their consumption and savings over that unknown lifetime. In doing so, they must balance the desire for current consumption with the incentive to save to generate higher consumption levels later in life. QPM provides solutions for both the desired financial wealth of consumers in the long run, and the consumption/savings paths

est au centre du MTP, les équations sont fortement interdépendantes, en ce sens qu’un grand nombre de variables sont déterminées simultanément, plutôt que de façon récursive. En outre, la théorie sur laquelle repose le MTP établit un certain nombre de relations non linéaires. Il s’agit là de complications qui, dans les précédents efforts de modélisation, avaient généralement été résolues par l’utilisation d’approximations linéaires. Toutefois, les difficultés de calcul imputables à ces caractéristiques sont grandement aggravées par l’introduction dans le MTP d’anticipations prospectives conformes au modèle. En d’autres termes, dans les équations qui partent de l’hypothèse que le comportement des agents dépendra de la valeur future anticipée d’une variable quelconque (par exemple le taux d’inflation anticipée), l’algorithme de simulation substitue à cette variable un niveau qui accorde un certain poids à la valeur future issue de la simulation elle-même. Sur le plan conceptuel, la simulation est effectuée pour autant de périodes à venir qu’il est nécessaire pour générer des valeurs futures anticipées pour la variable en question. Ces valeurs sont ensuite réintégrées dans le modèle, et la simulation est répétée jusqu’à ce que les valeurs futures anticipées de la variable convergent vers la solution du modèle complet. C’est à cause de cette dernière propriété que, dans le cas du MTP, on parle d’«anticipations conformes au modèle» plutôt que du concept théorique d’«anticipations rationnelles». Le nouvel algorithme tire parti des progrès récents de l’informatique, lesquels rendent possibles des calculs exigeant beaucoup d’espace mémoire et réduisent de beaucoup le temps que prennent de tels calculs par rapport à ce qu’on observait auparavant.

Le MTP de régime permanent

Le MTP est conçu en vue de formaliser le comportement des ménages, des entreprises, des étrangers, d’un gouvernement (regroupant tous les niveaux du secteur public) et d’une banque centrale. Les décisions de ces agents interagissent en vue de la détermination des niveaux ultimes de quatre stocks clés : le stock de richesse financière des ménages, le stock de capital, le stock de dette publique et le stock d’actifs étrangers nets. Les niveaux cibles de ces stocks sont à leur tour des déterminants clés des flux connexes, comme les dépenses de consommation, l’épargne, les dépenses d’investissement, les dépenses et les recettes de l’État et la balance extérieure. Un cadre comptable stocks-flux formel assure une compatibilité totale entre toutes les variables, tant pour ce qui est de l’équilibre de longue période que le long du sentier d’ajustement dynamique.

Dans le MTP, les ménages sont formalisés dans un cadre théorique connu sous le nom de «modèle à générations imbriquées». La longévité des consommateurs est incertaine, et ceux-ci doivent planifier leur consommation et leur épargne en fonction de cette inconnue. Ce faisant, ils doivent équilibrer leur propension à consommer dans l’immédiat et leur propension à épargner pour pouvoir plus tard consommer à des niveaux plus élevés. Le MTP établit à la fois le niveau de richesse financière à long terme désiré par les consommateurs et les sentiers de consommation et d’épargne susceptibles d’amener ces derniers à réaliser ce niveau. Dans le MTP, l’offre de travail

that will sustain that level. Firms in QPM take the long-run labour supply of households as given, and choose the optimal stock of capital to go with it, as well as the path for investment spending that will take the economy to that equilibrium and maintain it. The government chooses a steady-state ratio of government debt to the size of the economy. With these three steady-state decisions taken, aggregate net borrowing or lending for the economy as a whole (that is, with respect to non-residents) is determined, so that the net foreign asset position of the country emerges as a consequence. Associated with this equilibrium net foreign asset position will be a unique external balance supported by a specific solution for imports, exports and foreign debt service payments.

When this equilibrium is disturbed, a number of variables in the model adjust in order to generate a new steady-state solution. Some domestic prices are linked directly to world levels. For example, the steady-state real rate of interest is equal to the world real rate, plus some constant which allows for the possibility of a risk premium. Real wages adjust to the level of labour productivity. In the government sector, the personal income tax rate is assumed to adjust to ensure that governments can finance their expenditures while returning to their target debt-to-GDP ratio in the long run. Finally, the real exchange rate adjusts so as to generate export and import flows that will reconcile the level of national saving or dissaving with the country's equilibrium net foreign asset position.

Before concluding, it should be noted that the current version of QPM has been set up to be neutral with respect to changes in the rate of inflation; this means that inflation is constrained to have no long-run implications for the real economy, regardless of its level. Bank staff view this as a temporary simplification and are pursuing other research which is intended to estimate the magnitude of the effects of inflation on the steady state level of output, or perhaps even on its steady state growth rate, for incorporation into future versions of the model.¹⁰

The dynamic structure of QPM

Many policy issues are concerned either with the path that the economy takes in moving from one long-run equilibrium to another, or with the economy's adjustment to temporary disturbances that leave the long-run equilibrium unaffected. Such questions must be addressed in full QPM

¹⁰For an examination of this issue, see R. Black, T. Macklem and S. Poloz, "Non-Superneutrality and Some Benefits of Disinflation: A Quantitative General Equilibrium Analysis," in *Economic Behaviour and Policy Choice Under Price Stability*, proceedings of a conference held at the Bank of Canada, October 1993.

à long terme des ménages intervient comme une donnée dans le cas des entreprises, et celles-ci choisissent le stock de capital optimal qui va de pair avec cette offre, ainsi que le sentier des dépenses d'investissement qui permettront à l'économie d'atteindre et de maintenir cet équilibre. Le secteur public choisit le niveau d'équilibre du ratio de la dette publique à la taille de l'économie. Une fois ces trois valeurs de régime permanent établies, le volume net des emprunts ou des prêts pour l'ensemble de l'économie (c'est-à-dire au regard des non-résidents) est établi de façon à faire ressortir la position nette du pays en matière d'actifs étrangers. Cette position d'équilibre nette en matière d'actifs étrangers ira de pair avec une balance extérieure unique confortée par une solution précise en ce qui concerne les importations, les exportations et les paiements au titre du service de la dette extérieure.

Lorsque cet équilibre est perturbé, plusieurs variables du modèle s'ajustent de manière à générer une nouvelle solution de régime permanent. Certains prix intérieurs sont liés directement aux prix mondiaux. Par exemple, le taux d'intérêt réel de régime permanent est égal au taux réel mondial, majoré d'une prime de risque que l'on suppose constante. Les salaires réels sont déterminés par la productivité du travail. Dans le secteur public, on suppose que le taux de l'impôt sur le revenu des particuliers s'ajuste de sorte que les gouvernements puissent financer leurs dépenses tout en réalisant le ratio Dette/PIB visé à long terme. Enfin, le taux de change réel s'ajuste de façon à créer des flux d'exportations et d'importations qui sont tels que le niveau national d'épargne ou de désépargne correspond à la position d'équilibre nette du pays en matière d'actifs étrangers.

Avant de conclure, il convient de noter que la version actuelle du MTP s'est voulue neutre au regard des variations du taux d'inflation; ce qui revient à dire que l'inflation s'est vu imposer une contrainte qui l'empêche d'avoir de conséquence à long terme sur les variables réelles de l'économie, quel que soit son niveau. Le personnel de la Banque considère cela comme une simplification temporaire et mène d'autres recherches visant à estimer l'ampleur des effets de l'inflation sur le niveau de production de régime permanent ou peut-être même sur son taux de croissance de régime permanent, dans le but d'en incorporer les résultats dans des versions futures du modèle¹⁰.

La structure dynamique du MTP

Beaucoup de questions de politique se posent quant au sentier qu'emprunte l'économie pour passer d'un équilibre de long terme à un autre ou quant à la façon dont l'économie s'ajuste aux chocs temporaires qui n'influent pas sur l'équilibre de longue période. De telles questions doivent trouver réponse dans le Modèle

¹⁰Pour plus de précisions sur cette question, voir l'article de R. Black, T. Macklem et S. Poloz, «Non-superneutrality et quelques avantages de la désinflation - Une analyse quantitative dans un cadre d'équilibre général», tiré des actes d'un colloque tenu à la Banque du Canada en octobre 1993 intitulé *Comportement des agents économiques et formulation des politiques en régime de stabilité des prix*.

since the steady-state model contains no dynamics.

The dynamics of QPM originate from three distinct sources. The first source is intrinsic to the economic structure and refers to all sources of gradual adjustment not related to expectations. These include labour market contracts, the fixed costs associated with investment, and so on. Such features give rise to a gradual response to disturbances, regardless of how large the disequilibrium might be. One can think of this as a general phenomenon of costly adjustment which causes all agents in the economy to choose not to adjust immediately to disturbances.

The second source of dynamics is the adjustment of expectations. Expectations have long been a feature of macroeconomic models. By their very nature they are conceptualized as forward-looking, but such a concept was not made practical until the late 1970s due to computing limitations. Even then, implementing forward-looking model-consistent expectations was only feasible in relatively small models. As a consequence, modellers have looked for simple approximations to allow them to replace expectational variables, and this generally has led to the use of simple backward-looking rules as a proxy for expected values. Thus, for example, the rate of inflation expected next year has often been approximated by a weighted average of the rate of inflation observed during the past several years.

While many of the computing difficulties associated with generating model-consistent expectations have recently been overcome, some economists find it difficult to accept such a notion as representative of the actions of ordinary economic agents, arguing that it is not consistent with the perceived level of sophistication of most economic agents and the amount of information available to them. Other economists would argue that most households and firms have access to the views of economic experts and that, in any case, the model is intended to approximate the behaviour of the economy in aggregate, not the behaviour of individuals. To balance these two possibilities, and to produce a dynamic behaviour for the economy that seems to replicate the properties of time series data reasonably well, the expectations in QPM are modelled as a mixture of backward- and forward-looking components. The model user can change the relative weights on the two components to generate the sort of stylized facts that are desired. In the core version of QPM, considerable weight is in fact put on the backward-looking portion in order to capture the slow adjustment of expectations apparent in economic data. The forward-looking component is solved conceptually as described above, while the backward-looking portion is usually specified as a simple weighted

trimestriel de prévision au complet, étant donné que le modèle de régime permanent ne renferme aucune propriété dynamique.

La dynamique propre au MTP provient de trois sources distinctes. La première est inhérente à la structure économique et concerne l'ensemble des causes d'ajustement graduel non liées aux anticipations, c'est-à-dire les contrats du marché du travail, les coûts fixes relatifs à l'investissement, etc. Pareilles caractéristiques donnent lieu à une réaction graduelle aux chocs, quelle que soit l'ampleur du déséquilibre. Cela peut être considéré comme un phénomène général d'ajustement coûteux qui incite l'ensemble des agents économiques à ne pas s'ajuster immédiatement aux chocs.

La deuxième source de la dynamique réside dans l'ajustement des anticipations. Celles-ci ont longtemps été prises en compte dans les modèles macroéconomiques. Elles sont prospectives de par leur nature même, mais ce concept ne s'appliquait guère avant la fin des années 70 en raison des difficultés de calcul. Même à cette époque, on ne pouvait saisir des anticipations prospectives conformes au modèle que dans le cas de modèles assez petits. En conséquence, les modélisateurs ont recherché des approximations simples qui leur permettaient de remplacer les variables anticipées, ce qui en général les a amenés à utiliser de simples règles rétrospectives à la place de ces variables. Ainsi, par exemple, le taux d'inflation anticipé pour l'année à venir a souvent été représenté par une moyenne pondérée du taux d'inflation observé au cours des dernières années.

Même si un grand nombre des difficultés de calcul liées à la formation d'anticipations conformes au modèle ont récemment été surmontées, certains économistes ont du mal à accepter que cette notion soit caractéristique du comportement des agents économiques ordinaires. Ils fondent leur réticence sur l'idée que cette notion ne concorde ni avec le niveau de discernement perçu chez la plupart des agents économiques ni avec le volume d'information dont ils disposent. D'autres économistes pourraient soutenir que la majorité des ménages et des entreprises ont la possibilité de connaître le point de vue de spécialistes de l'économie et que, de toutes façons, le modèle est conçu pour représenter le comportement de l'ensemble de l'économie et non celui de particuliers. Pour trouver le juste milieu entre ces deux positions et produire un comportement dynamique de l'économie susceptible de reproduire raisonnablement bien les propriétés des séries chronologiques, les anticipations qui interviennent dans le MTP sont formées d'une composante rétrospective et d'une composante prospective. L'utilisateur du modèle peut modifier les poids attribués aux deux composantes pour produire le type de faits stylisés désiré. Dans la version type du MTP, on a en fait attribué un poids important à la composante rétrospective afin d'appréhender la lenteur de l'ajustement des anticipations, manifeste dans les données économiques. La composante prospective est résolue au moyen d'approximations comme il a déjà été indiqué, alors que la composante rétrospective est habituellement spécifiée sous forme de moyenne pondérée simple de données historiques récentes.

average of recent historical data.

The third source of dynamics is the automatic reaction of policies to disturbances. This is particularly the case with monetary policy. A well-known implication of forward-looking expectations is that monetary policy must be specified in terms of a logically attainable objective, otherwise no model solution will exist. To put the matter most succinctly, the expected future price level will be determined by, among other things, future monetary policy. If the monetary authority has not provided sufficient information for households and firms to form this expectation, forward-looking models simply will not solve. Accordingly, QPM is specified with inflation control targets and rules of behaviour that the monetary authorities will follow should projected inflation deviate from those targets. Specifically, QPM includes a monetary policy reaction function, according to which a rise in anticipated inflation above target produces a rise in interest rates intended to move inflation back towards its target level over an horizon of six or seven quarters. This horizon is not arbitrary: it is an approximation of the sort of horizon over which monetary policy can hope to have a meaningful influence on the trend rate of inflation.

With monetary policy represented this way in QPM, the response on the part of the monetary authorities to economic disturbances that affect inflation is automatic. In the past, simulations of models like RDXF, for example, were often done “holding monetary policy unchanged,” which generally translated into keeping interest rates unchanged. While this may be a useful abstraction for purposes of understanding how some economic models work, such a characterization of policy is not feasible in practice. This is acknowledged explicitly in QPM, where interest rates adjust automatically to put inflation on a path that will converge to its target level. Of course, it must be borne in mind that the reaction function for monetary policy that is incorporated in the core model is only one representative of a wide range of possible specifications.

Estimation and calibration

As with all economic models, QPM consists of a set of relationships, represented by algebraic equations, where the magnitudes of the various influences on behaviour are determined by coefficients or parameters incorporated in the structure. Thus, if a variable y is believed to vary with or depend upon another variable x , with the relationship between the two scaled by the coefficient α , this relationship is written as $y = \alpha \cdot x$, which would imply that a rise in x would be expected to produce a rise in y of α multiplied by the rise in x . Traditionally, macroeconomic modelling has involved specifying these relationships

La troisième source de la dynamique consiste dans la réaction automatique des politiques aux chocs. C’est particulièrement le cas pour la politique monétaire. Une des conséquences bien connues des anticipations prospectives est que la politique monétaire doit être spécifiée en termes d’objectif logiquement réalisable, sinon le modèle ne peut être résolu. Bref, le niveau des prix futurs anticipés sera déterminé, entre autres, par la politique monétaire future. Si le peu d’information que l’autorité monétaire a fourni aux ménages et aux entreprises ne suffit pas à la formation de telles anticipations, les modèles prospectifs ne pourront tout simplement pas être résolus. Par conséquent, le MTP comporte des cibles de maîtrise de l’inflation et des règles de comportement que les autorités monétaires suivront si l’inflation anticipée s’écarte de ces cibles. Plus précisément, le MTP contient une fonction de réaction de la politique monétaire selon laquelle une hausse de l’inflation anticipée au-delà des cibles fixées entraîne une hausse des taux d’intérêt de nature à ramener l’inflation à son niveau cible sur un horizon de six ou sept trimestres. Cet horizon n’est pas fixé de façon arbitraire; il est une approximation du type d’horizon pendant lequel la politique monétaire peut espérer exercer une influence significative sur le taux d’inflation tendanciel.

La politique monétaire étant ainsi représentée dans le MTP, la réaction des autorités monétaires aux chocs économiques qui influencent l’inflation est automatique. Par le passé, on faisait souvent l’hypothèse, dans les simulations des modèles comme le RDXF, que la politique monétaire demeurait inchangée, ce qui voulait généralement dire que les taux d’intérêt restaient les mêmes. Même s’il peut s’agir ici d’une abstraction utile pour comprendre le fonctionnement des modèles économiques, il convient de souligner qu’il n’est pas possible de caractériser l’économie de cette façon. Cette hypothèse est retenue explicitement dans le MTP, où les taux d’intérêt s’ajustent automatiquement pour engager l’inflation sur un sentier qui converge vers son niveau cible. Il ne faut évidemment pas oublier que la fonction de réaction de la politique monétaire incorporée à la version type du modèle n’est qu’un exemple d’une vaste gamme de spécifications possibles.

L’estimation et l’étalonnage

Comme tous les modèles économiques, le MTP est constitué d’un ensemble de relations représentées par des équations algébriques, où l’ordre de grandeur des diverses influences que subit le comportement est déterminé par des coefficients ou des paramètres incorporés dans la structure du modèle. Par conséquent, si une variable y est censée varier parallèlement à une autre variable x ou en fonction de celle-ci et que la relation entre les deux est mise à l’échelle au moyen du coefficient α , cette relation s’écrit $y = \alpha \cdot x$. Cela signifie qu’une hausse de x devrait entraîner une hausse de y équivalente au produit de α par la hausse de x . Traditionnellement, on construisait les modèles macroéconomiques en spécifiant ces relations, puis en estimant, à l’aide de techniques statistiques, des paramètres comme α à partir de données économiques sous-jacentes. Les valeurs des paramètres sont habituellement

and then using statistical techniques to estimate parameters like α from the underlying economic data; the parameter values are usually chosen to allow the equations to explain as much variation in the underlying data as possible. The fact that such relationships never do explain all the variation in the data is represented by allowing for “residuals” or errors in the equation; accordingly, most equations take the form $y = \alpha \cdot x + \varepsilon$, where ε represents the sequence of deviations of the data from the predictions of the model.

As noted above, the traditional approach to parameter estimation in model development tended to produce one of two things: models like RDXF that fit the historical data quite well (small ε) but whose structure tended to be unstable through time (α changed each time more data were added to the estimation period and prediction errors outside the sample period were large) and whose long-term properties were non-existent; and models like SAM, whose elegant theory produced extremely difficult estimation problems for even a very simple structure.

In contrast to earlier models, QPM is not estimated. It is calibrated. The difference in concept is subtle but important. Calibration involves choosing a broader set of properties or criteria for the model to satisfy, and attempting to find a reasonable set of parameters for the model consistent with those criteria. The criteria generally include economic properties (for example, theory might suggest that parameter α ought to be between zero and one), dynamic speeds of adjustment based on simple statistical models, and the ability of the model to replicate certain stylized facts such as the relative variability of two series. As well, the model’s theoretical structure implies unique relationships between some of the model’s parameters, so that one cannot simply make arbitrary choices for some parameters independent of others; for example, in a model with more than one parameter, theory might suggest that a certain parameter, say α_1 , must exceed another parameter α_2 , or perhaps that $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$. In other words, the theoretical model provides a consistency check on some of the basic parameter assumptions. While this approach to specifying a model can, in some instances, reduce its ability to replicate short-term movements in the data relative to estimated models, the greater emphasis on the theoretical rigour of the underlying structure should generate a set of parameters which can describe important aspects of the economy’s behaviour into the future, even after fundamental economic changes have occurred. In the past, the inability of estimated models to encompass such events frequently led to the need for model respecification; to extend the above example, finding large prediction errors, ε , in a relationship like $y = \alpha \cdot x + \varepsilon$ often led to the

choisies pour permettre aux équations d’expliquer de la façon la plus complète possible la variation des données sous-jacentes. Le fait que les variations ne sont jamais entièrement expliquées est représenté par la présence de résidus ou d’erreurs dans l’équation. Ainsi, la plupart des équations se présentent sous la forme $y = \alpha \cdot x + \varepsilon$, où ε représente les écarts par rapport aux prévisions du modèle.

Comme on l’a déjà observé, la façon habituelle d’aborder l’estimation des paramètres dans la construction de modèles a produit l’une ou l’autre des choses suivantes : d’une part, des modèles comme le RDXF, qui s’accordent assez bien avec les données historiques (ε), mais dont la structure s’avère en général instable avec le temps (α changeait chaque fois que de nouvelles données étaient ajoutées à la période d’estimation, et d’importantes erreurs de prévision étaient observées en dehors de cette période) et qui n’avaient pas de propriétés de long terme, et, d’autre part, des modèles comme le SAM, dont la belle assise théorique a entraîné des problèmes d’estimation extrêmement complexes, même dans le cas d’une structure très simple.

Contrairement aux modèles antérieurs, le MTP n’est pas estimé; il est plutôt étalonné. La différence entre ces deux concepts est subtile, mais importante. L’étalonnage suppose le choix d’une gamme plus vaste de propriétés ou de critères auxquels le modèle doit satisfaire et la recherche d’un ensemble raisonnable de paramètres conformes à ces critères. Ceux-ci comprennent généralement des propriétés économiques (par exemple, la théorie pourrait donner à penser qu’un paramètre α devrait se situer entre 0 et 1), des vitesses d’ajustement dynamique reposant sur des modèles statistiques simples et la capacité du modèle de reproduire certains faits stylisés, comme la variabilité relative de deux séries. En outre, la structure théorique du modèle laisse supposer des relations uniques entre quelques-uns de ses paramètres, de sorte qu’on ne peut pas simplement choisir arbitrairement des paramètres sans tenir compte de certains autres. Par exemple, dans un modèle comportant plus d’un paramètre, la théorie pourrait laisser entendre qu’un certain paramètre, disons α_1 , doit être supérieur à un autre paramètre α_2 , ou peut-être que $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$. En d’autres termes, le modèle théorique assure la cohérence de certaines hypothèses fondamentales concernant les paramètres. Certes, cette façon d’aborder la spécification d’un modèle peut, dans certains cas, réduire la capacité de celui-ci de reproduire les variations à court terme des données par rapport au modèle estimé, mais l’accent plus important qui est mis sur la rigueur théorique de sa structure fondamentale devrait produire un ensemble de paramètres susceptibles de décrire des aspects importants du comportement de l’économie dans l’avenir, même après que des changements fondamentaux se seront produits. Par le passé, l’incapacité des modèles estimés de refléter de tels phénomènes a souvent nécessité une nouvelle spécification du modèle. Pour reprendre l’exemple précédent, la découverte d’importantes erreurs de prévision (ε) dans une relation comme $y = \alpha \cdot x + \varepsilon$ a souvent fait croire que α avait changé ou même que x devrait être remplacé par une autre variable ou un groupe de variables.

belief that α had changed, or even that the variable x should be replaced by some other variable or a group of variables.

Using QPM for economic projections

Given the lags between changes in the instruments of monetary policy and their ultimate effects on inflation, and the general uncertainty associated with economic behaviour, the framework within which policy options are considered must be explicitly forward-looking and probabilistic in nature. The Bank staff prepare economic projections four times per year using QPM. The exercises are referred to as “projections” rather than “forecasts” because of their inherent conditional nature; the views of the staff on the outlook are combined in QPM with various assumptions about monetary policy to project the likely implications of those policies.

The quarterly projection process begins with analysis of several major overseas economies, the United States, and Mexico, all of which lie outside QPM and are taken as given for purposes of the projection of the Canadian economy. The starting point for the QPM projection exercise is an assessment of the economic situation in the most recent quarter, compared to what had been projected earlier. During this process, the staff reach a common understanding of the disturbances that have occurred since the last projection. Take, for instance, a situation where data published during the quarter showed less strength in the economy than had been expected. If that were completely attributed to harsh weather that had reduced activity in the construction sector, for example, then the shock would be treated differently than would be the case if the weakness were judged in some sense to be fundamental.

Given these judgments, QPM is then simulated to produce paths for the core macroeconomic variables, including policy variables such as interest rates, the exchange rate and monetary aggregates, consistent with the Bank’s inflation-control targets. Satellite models translate this macroeconomic projection into implications for more disaggregated variables. Several projection rounds generally occur at this stage, as the staff adjust their assumptions in light of both the macroeconomic and sectoral projections in order to reconcile the final product with their judgment.

With the base case completed, the staff can then use QPM to prepare alternative scenarios as a means of illustrating the degree of uncertainty surrounding the projections and the importance of particular risks to the projection that they have identified. These could include varying such critical assumptions as the world price of oil and the rate of growth of

L’établissement de projections économiques à l’aide du MTP

Compte tenu du décalage qui existe entre le moment où sont prises des mesures de politique monétaire et celui où leurs effets se répercutent sur l’inflation et, d’autre part, de l’incertitude générale qui entache le comportement des agents économiques, il importe que le cadre général où s’insèrent les choix de politique soit explicitement tourné vers l’avenir et nécessairement probabiliste. Le personnel de la Banque établit des projections économiques trimestrielles à l’aide du MTP. On parle ici de «projections» et non de «prévisions» en raison du caractère essentiellement hypothétique des scénarios envisagés; dans le MTP, en effet, la combinaison de la vision que le personnel a de l’avenir et de diverses hypothèses concernant la politique monétaire permet à celui-ci de faire des projections sur les répercussions probables qu’auront les mesures prises.

L’exercice trimestriel d’établissement de projections débute par l’analyse des économies de plusieurs grands pays d’outre-mer, des États-Unis et du Mexique, qui ne sont pas prises en compte dans le MTP, mais y interviennent comme des grandeurs données aux fins de projection de l’évolution de l’économie canadienne. Dans les projections effectuées à l’aide du MTP, on commence par évaluer la situation économique observée au cours du trimestre le plus récent en le comparant aux projections faites antérieurement. Durant le processus, le personnel se met d’accord sur la nature des chocs qui se sont produits depuis la dernière projection. Supposons, par exemple, que les données publiées durant un trimestre révèlent que l’économie a été moins vigoureuse que prévu. Si cette faiblesse était pour ainsi dire entièrement attribuable au mauvais temps qui aurait réduit l’activité dans le secteur de la construction par exemple, le choc ne pourrait pas être traité de la même façon que si elle était considérée fondamentale, dans une certaine mesure.

Suite à ces généralisations, le personnel procède à des simulations à l’aide du MTP afin de générer, pour les variables économiques clés, notamment les variables de commande que sont les taux d’intérêt, le taux de change et les agrégats monétaires, des sentiers de croissance qui soient compatibles avec les cibles de maîtrise de l’inflation établies par la Banque. Les modèles satellites transforment cette projection macroéconomique en relations d’inférence pour ce qui est des variables moins globales. Plusieurs séries de projections sont réalisées à ce stade, les économistes ajustant leurs hypothèses à la lumière des projections macroéconomiques et des projections sectorielles pour accorder le produit final avec leur propre conclusion.

Une fois le scénario de référence mis en place, les économistes peuvent alors faire générer d’autres scénarios par le MTP afin de mesurer l’incertitude qui entoure les projections et l’importance des risques particuliers qu’ils ont relevés. Ces risques peuvent comprendre la modification de certaines hypothèses cruciales telles que celles relatives à l’évolution des prix mondiaux du pétrole ou au taux de croissance de la production potentielle, ou encore la modification de certains paramètres du modèle. Les économistes peuvent aussi analyser d’autres hypothèses concernant la politique monétaire, telles que la vitesse de convergence vers le taux d’inflation cible. Le MTP

potential output, or varying certain model parameters. They might also analyze alternative monetary policy assumptions, such as the speed of convergence to the inflation target. The QPM system greatly facilitates this type of analysis, which could only be done in a very limited way with RDXF. The exercise produces a range of paths for each of the key macro variables, which, it is hoped, takes reasonable account of the degree of uncertainty associated with the base projection.

Between projection exercises sectoral specialists monitor the data using the last base case projection as a benchmark for analysis. Often this analysis will occur in the context of satellite models, since QPM itself is highly aggregated. For instance, the housing specialist would have used a satellite model to set out a path for housing starts consistent with the macroeconomic outlook generated by QPM. Then, during the three months between projection exercises, the specialist would analyze the data on housing starts relative to that path, consider the possibility that various special factors might have affected the data, and then make a judgment on whether the housing data were fundamentally consistent with the earlier projection. Similar exercises are undertaken for all key sectors of the Canadian economy, as well as for the various foreign economies. The signals that such data give often conflict, but as the evidence accumulates the overall short-term monitoring of the economy may be revised, and the likely implications of the change for the next longer-term projection exercise discussed with senior management.

While accuracy is desirable, what is more important from the point of view of monetary policy is that the Bank be able to react to projection errors or unforeseen developments in a manner that restores the economy to a path consistent with the inflation objective over a reasonable time frame. The projection exercise provides suggested profiles for policy variables based on a particular policy assumption, and a rigorous analytical framework against which new data may be reconciled and economic shocks identified.

Using QPM for policy analysis

As noted above, QPM was designed not only to guide the staff in preparing economic projections but also to be a policy research tool. For the most part, this use of QPM amounts to introducing a disturbance in the model, simulating it to see how equilibrium is restored, and using those responses to learn about how the economy behaves or how best to formulate policy when such circumstances arise. Sometimes the exercise includes adding some further structure to the model to see how its properties are affected at the margin.

The easiest means of illustrating this use of the model is to present a

facilite grandement ce genre d'analyse qui ne pouvait être faite que de façon très restreinte par le RDXF. Les projections produisent une gamme de sentiers de croissance pour chacune des variables macroéconomiques clés qui, on l'espère, tient raisonnablement compte du degré d'incertitude lié au scénario de référence.

Avant chaque projection, les spécialistes des divers secteurs d'activité analysent les données recueillies en utilisant le dernier scénario de référence comme base de travail. Une telle analyse se fera souvent avec les modèles satellites puisque le MTP est fortement agrégé. Par exemple, le spécialiste du secteur du logement utiliserait un modèle satellite afin d'établir une trajectoire de croissance pour les mises en chantier de maisons qui soit compatible avec la projection générale produite par le MTP. Ensuite, au cours des trois mois séparant les projections, il analyserait les données des mises en chantier par rapport à cette trajectoire, tiendrait compte de la possibilité que divers facteurs spéciaux aient pu modifier les données et ainsi ferait des déductions quant à la convergence fondamentale des données avec les projections faites antérieurement. Ce genre d'analyse s'effectue pour tous les grands secteurs d'activité de l'économie canadienne et pour plusieurs pays étrangers. Les messages que les données de l'analyse véhiculent sont souvent contradictoires, mais on révisé l'évaluation globale de la situation économique sur courte période au fur et à mesure que des preuves s'accumulent, et les répercussions probables que les changements auront sur la prochaine projection sur plus longue période sont examinées avec la Haute Direction de la Banque.

Bien que la précision soit souhaitable, ce qui importe plus pour la politique monétaire, c'est que la Banque soit en mesure de réagir aux erreurs de projection ou aux phénomènes imprévus de manière à ramener l'économie, dans un laps de temps raisonnable, sur une trajectoire qui cadre avec l'objectif visé en matière d'inflation. La projection suggère des configurations applicables aux variables qui soient fondées sur une hypothèse particulière. Elle fournit ensuite un cadre d'analyse qui permet d'examiner ces dernières et de repérer les variations de l'économie.

L'analyse de politiques à l'aide du MTP

Comme il a déjà été dit, le MTP a été conçu non seulement pour guider le personnel dans la préparation des projections économiques, mais aussi pour servir d'outil de recherche. L'utilisation du MTP se résume en majeure partie à introduire un choc dans le modèle et à faire des simulations afin de voir comment l'équilibre se rétablit et à se servir des réactions observées pour mieux comprendre le comportement de l'économie et pour mieux formuler les politiques dans de telles circonstances. La projection amène parfois les économistes à élargir la structure du modèle afin d'observer de quelle façon ses propriétés sont influencées à la marge.

La façon la plus facile d'illustrer l'utilisation du modèle est de présenter un ensemble de simulations particulières. Nous introduisons d'abord dans le MTP un choc temporaire sur la demande globale, qui fait augmenter la consommation et l'investissement pendant une période initiale de deux trimestres environ. Les effets du

selection of specific simulations. To begin, we consider a temporary shock to aggregate demand in QPM, increasing both consumption and investment spending for an initial period of about two quarters. The effects of the shocks persist beyond this initial period because they are propagated through the model's dynamics. The magnitudes are such as to produce a rise in total output that peaks at 1.4 per cent above control during the second quarter. Assuming that the economy begins in equilibrium, such a shock will push activity above capacity and lead to some upward pressures on inflation.¹¹ The monetary authority in QPM observes that future inflation will move above target and responds with higher short-term interest rates, which rise by about 150 basis points in the first year. An exchange rate appreciation of around 1 percentage point accompanies this rise. Inflation creeps up despite this tightening of monetary conditions and peaks at about 0.6 percentage points above control about a year after the shock. The current account deteriorates, both because some consumption and investment goods are imported and because of the exchange rate appreciation. From there, most of the variables return gradually to control, with some amount of secondary cycling: inflation is back on track by the end of the fourth year; output moves below control during year two and takes a further five years to close the gap again; interest rates decline rapidly during years two and three and in fact go slightly below control during years five to nine to assist the re-equilibration process. There are no steady-state effects on either stocks or flows from such a temporary shock, although the price level is permanently higher and the nominal exchange rate sustains a permanent depreciation of the same amount. The model's dynamic responses to such a shock are illustrated in Graph 1.

The precise numerical aspects of such a simulation should not be taken literally, for they are the product of a number of assumptions which can easily be modified. For instance, one could consider the implications of delaying the monetary policy response to the shock for one or two quarters, on the basis that the sort of monitoring process described earlier might not detect the shock as early as assumed in the base case. In addition, one could experiment with different degrees of policy credibility, by increasing or decreasing the weight on the forward-looking component of inflation expectations. Also, one might wish to reconsider the origins of the shock and allow the steady state to

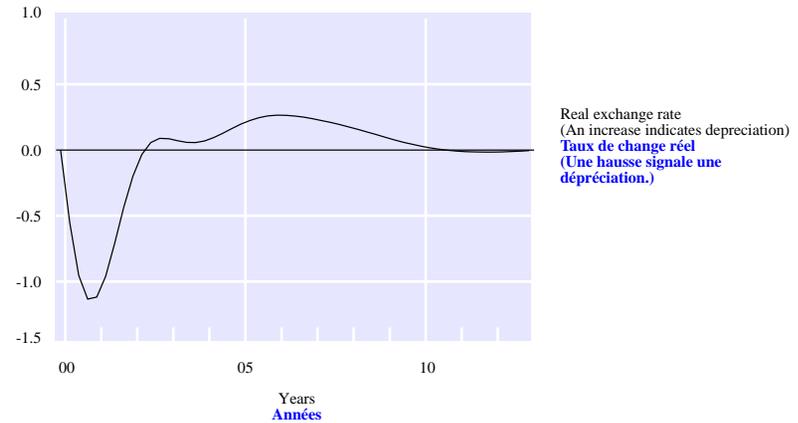
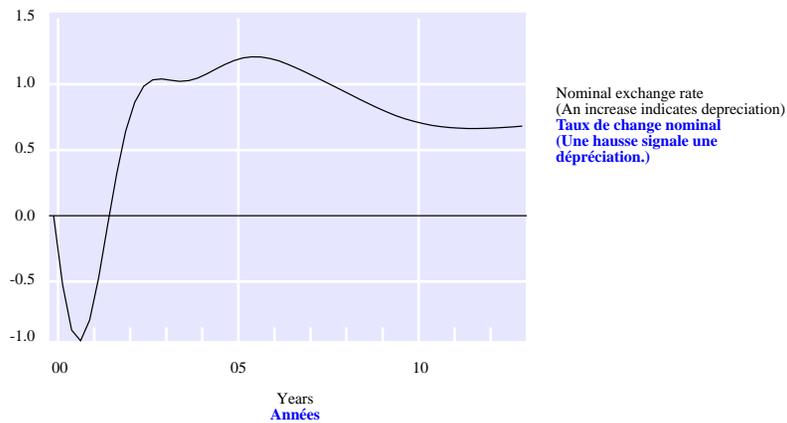
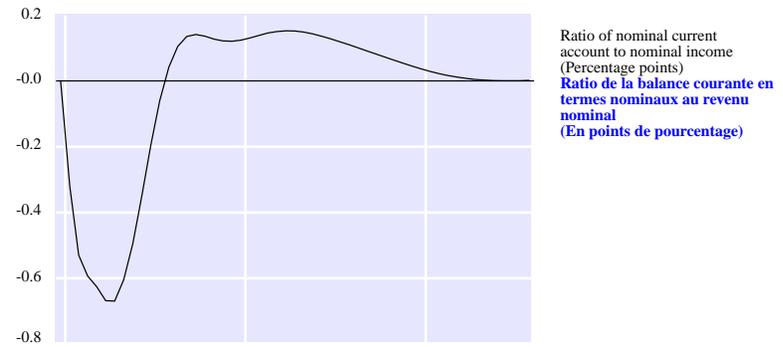
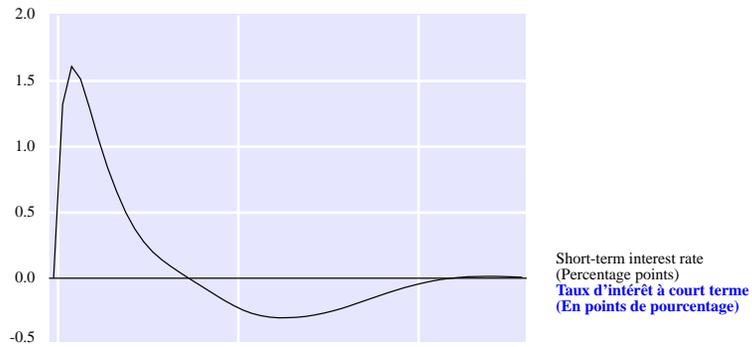
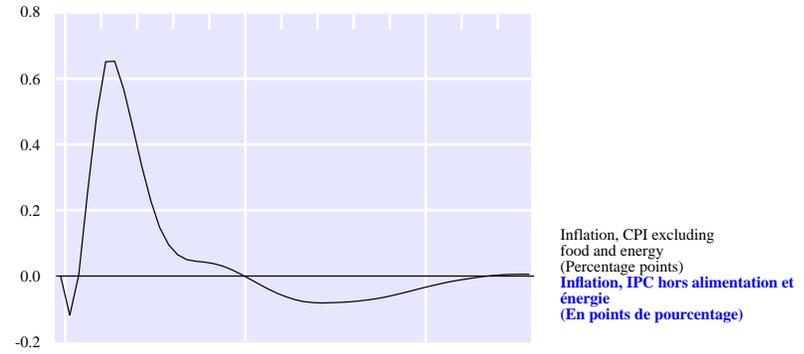
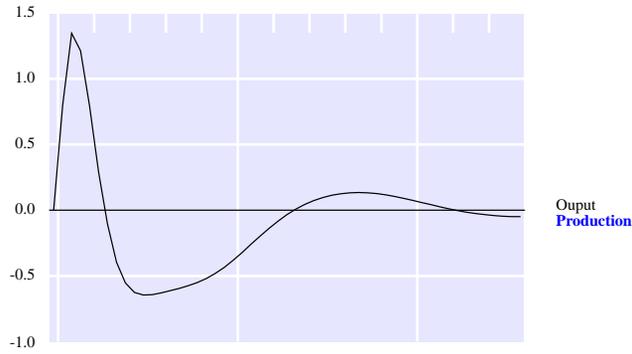
choc se prolongent au-delà de cette période initiale parce qu'ils se propagent via la dynamique du modèle. Elle provoque une augmentation de la production totale supérieure de 1,4 %, au deuxième trimestre, à la valeur obtenue dans le scénario de référence. Si on fait l'hypothèse qu'au départ l'économie est en équilibre, un tel choc amènera l'économie à fonctionner au-delà de sa capacité de production et causera des pressions à la hausse sur l'inflation¹¹. Constatant que l'inflation s'élèvera au-dessus de la cible visée, l'autorité monétaire réagit en relevant les taux d'intérêt à court terme, qui augmentent de 150 points de base environ au cours de la première année. Cette hausse s'accompagne d'une appréciation de la monnaie d'environ 1 point de pourcentage. L'inflation s'inscrit en hausse en dépit du resserrement des conditions monétaires et, environ un an après le choc, elle dépasse d'environ 0,6 point de pourcentage la valeur obtenue dans le scénario de référence. Le solde de la balance courante se détériore en raison à la fois de l'importation de certains biens de consommation et d'équipement et de l'appréciation du taux de change. Par la suite, la plupart des variables trouvent graduellement la valeur qui était la leur dans le scénario de référence : l'inflation est ramenée dans la trajectoire cible à la fin de la quatrième année; la production retrouve le niveau auquel elle se situait dans le scénario de référence au cours de la deuxième année, puis ferme l'écart au bout de cinq années supplémentaires; les taux d'intérêt baissent rapidement au cours de la deuxième et de la troisième année, et en fait s'inscrivent à un niveau légèrement inférieur à celui du scénario de référence durant la période allant de la cinquième à la neuvième année, où a lieu le processus de retour à l'équilibre. Le genre de choc temporaire dont il est question ici ne provoque d'effet de régime permanent ni sur les stocks ni sur les flux, bien que le niveau des prix soit toujours plus élevé et le taux de change nominal affiche une baisse permanente de même grandeur. La Figure 1 illustre les réactions dynamiques du modèle.

Les données numériques précises que produit ce genre de simulation doivent être considérées avec circonspection parce qu'elles découlent d'un certain nombre d'hypothèses qui peuvent être facilement modifiées. Par exemple, on pourrait considérer les répercussions qu'aurait la remise à un ou à deux trimestres de la réaction de la politique monétaire à l'égard du choc, si l'on pensait que le processus d'évaluation décrit plus tôt pourrait ne pas détecter le choc aussi rapidement qu'il est censé le faire dans le scénario de référence. En outre, on pourrait faire la simulation en variant le degré de crédibilité dont jouit la politique en place, en augmentant ou en réduisant le poids attribué à la composante prospective des anticipations d'inflation. Par ailleurs, on pourrait souhaiter de revoir les origines du choc et faire en sorte que celui-ci affecte le régime permanent; on pourrait par exemple supposer que la hausse

¹¹Initial conditions matter because QPM incorporates an asymmetric model of inflation, according to which excess supply has a smaller effect on inflation than does excess demand. This is based on empirical evidence presented in D. Laxton, D. Rose and R. Tetlow (1993), "Is the Canadian Phillips Curve Non-linear?" Bank of Canada Working Paper 93-7.

¹¹La condition initiale de l'économie importe, car le MTP incorpore une équation d'inflation asymétrique selon laquelle l'offre excédentaire a moins d'effet sur l'inflation que la demande excédentaire. Cette constatation s'appuie sur les résultats empiriques présentés dans D. Laxton, D. Rose et R. Tetlow (1993), *Is the Canadian Phillips Curve Non-linear?*, Document de travail 93-7, Banque du Canada.

Percentage difference from control, unless otherwise indicated
 Écart en pourcentage par rapport au scénario de référence (sauf indication contraire)



be affected; for instance, one could suppose that the rise in consumption and investment spending reflected a permanent reduction in desired wealth and therefore a planned deterioration in the net foreign asset position and a permanent rise in the capital stock. Another consideration is that the results of such an experiment in QPM depend on the starting point: the solution discussed above would differ substantially were the economy in a state of excess supply in the first place, for example. The central point is that an individual scenario is not definitive, but allows one to measure the ballpark within which behaviour seems likely to be realized.

The second scenario is intended to demonstrate the model's long-term properties. Suppose that there is a permanent increase in the level of productivity in the Canadian economy and suppose, for the sake of simplicity, that there is no parallel increase in productivity in the rest of the world. Graph 2 illustrates the model's dynamic responses to such a shock. If we subject QPM to a rise in labour productivity of 1 per cent, the firms in QPM are induced to raise their desired equilibrium capital stock. This prompts a large increase in investment spending, especially during the second year. In the long run, the level of investment spending is higher than before, because the new higher capital stock must be maintained in the face of a constant rate of depreciation. In the new steady state, output in the economy is higher by 1 per cent and the higher productivity is reflected directly in real wages. With higher wealth and incomes, consumption rises, also by 1 per cent, and this raises the equilibrium level of imports. On balance, there is some additional net borrowing from foreigners, and the extra need for foreign debt service demands that exports rise slightly more than imports in steady state. This adjustment is facilitated by a slight depreciation in the real exchange rate. Monetary policy plays a very limited role in this shock. Because the shock results in some downward pressure on inflation, interest rates decline during the first year, by less than 1 percentage point, but they return very close to control in year two.

Clearly, the flexibility of QPM enables it to be used to analyze a vast array of macroeconomic issues. Interested readers are invited to examine the more extensive background documents referred to above.¹²

de la consommation et des investissements traduisait une baisse permanente du niveau de richesse désirée et, par ricochet, une détérioration prévue de la position nette envers l'étranger, de même qu'une hausse permanente du stock de capital. Il convient de remarquer que les résultats d'une simulation de ce genre menée à l'aide du MTP sont fonction de la situation de départ de l'économie. Les résultats exposés ci-dessus seraient nettement différents si par exemple on adoptait au départ un scénario d'offre excédentaire. Ce qu'il faut retenir, c'est qu'un scénario donné n'est pas figé, mais qu'il sert plutôt à définir un champ à l'intérieur duquel un comportement est susceptible de se manifester.

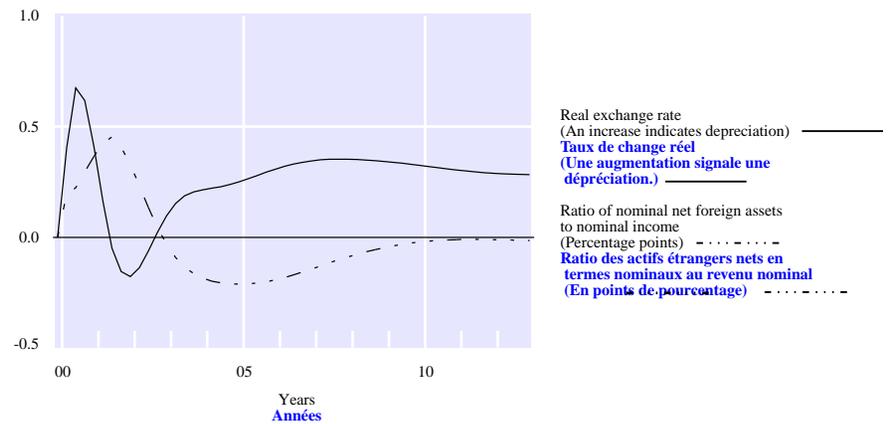
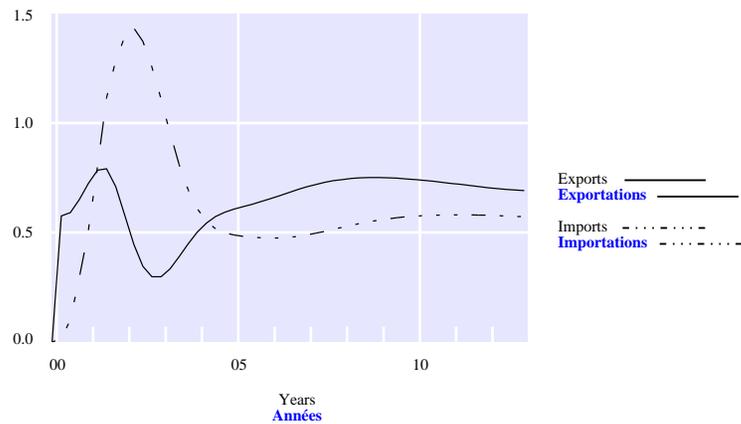
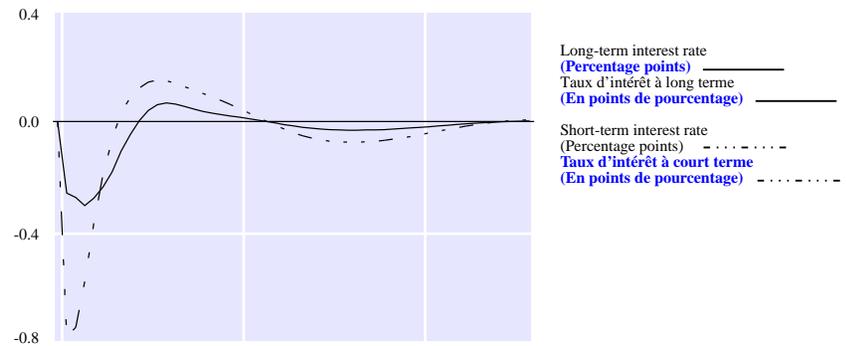
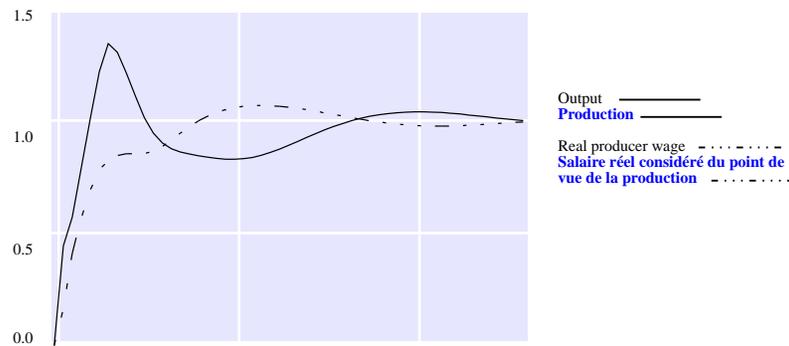
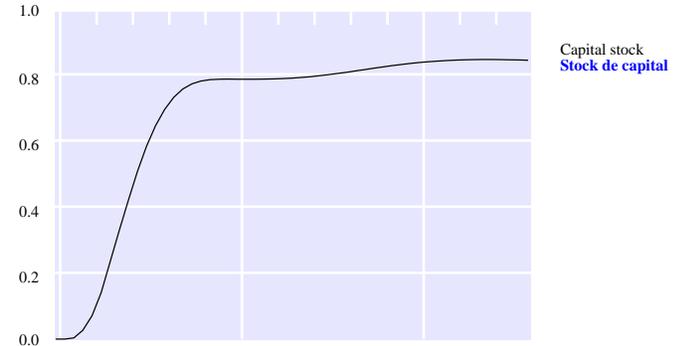
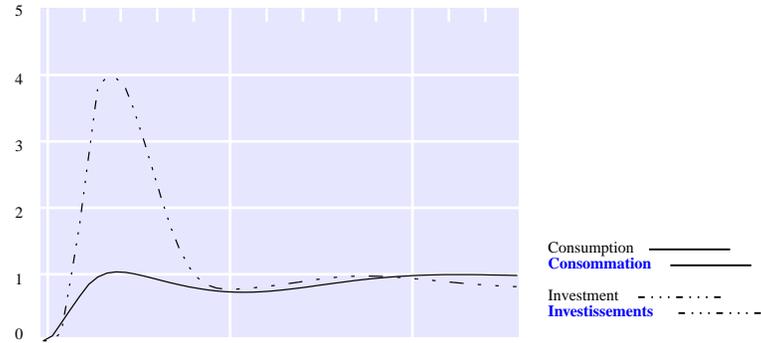
Le deuxième scénario vise à illustrer les propriétés de long terme du modèle. Supposons qu'on observe une hausse permanente de la productivité dans l'économie canadienne et que, pour simplifier, le même phénomène ne se produise pas dans le reste du monde. La Figure 2 montre les réactions dynamiques du modèle à un choc de cette nature. Si nous faisons intervenir dans le MTP une amélioration de 1 % de la productivité du travail, les entreprises représentées dans le modèle seront amenées à hausser leur stock de capital désiré à l'équilibre. Cela a pour effet d'engendrer une forte hausse des investissements, particulièrement au cours de la deuxième année. À la longue, ceux-ci affichent un niveau plus élevé qu'auparavant parce qu'il faut maintenir un stock plus élevé de nouveau capital dans le contexte d'une dépréciation constante de l'unité monétaire. Dans le nouveau régime permanent, la production est en hausse de 1 %, et la productivité accrue se reflète directement dans les salaires réels. La richesse et les revenus étant plus élevés, la consommation s'accroît, elle aussi, de 1 %, ce qui hausse le niveau d'équilibre des importations. Dans l'ensemble, les emprunts nets auprès de l'étranger augmentent en quelque sorte, et le besoin supplémentaire de ressources pour assurer le service de la dette extérieure exige que les exportations s'accroissent un peu plus que les importations en régime permanent. Une légère dépréciation du taux de change réel vient faciliter ce genre d'ajustement. La politique monétaire joue un rôle très restreint dans les réactions au choc en question; comme celui-ci provoque une certaine pression à la baisse de l'inflation, les taux d'intérêt diminuent, durant la première année, de moins d'un point de pourcentage, mais reviennent à un niveau proche de la valeur du scénario de référence en deux ans.

Grâce à sa souplesse, le MTP se prête clairement à l'analyse d'une vaste gamme de questions d'ordre macroéconomique. Les lecteurs intéressés sont invités à consulter les textes plus exhaustifs mentionnés¹².

¹²See also T. Macklem, D. Rose and R. Tetlow (1994), "Government Debt and Deficits in Canada: A Macro Simulation Analysis," paper prepared for the C.D. Howe Institute's conference *Deficit Reduction: What Pain and What Gain* held in conjunction with the Annual Meeting of the Canadian Economics Association, University of Calgary, June.

¹²Voir également T. Macklem, D. Rose et R. Tetlow (1994), «Government Debt and Deficits in Canada: A Macro Simulation Analysis», étude présentée dans le cadre du colloque organisé par l'Institut C. D. Howe sous le thème *Deficit Reduction: What Pain and What Gain* et tenu en juin à l'université de Calgary conjointement avec l'assemblée annuelle de l'Association canadienne d'économie.

Percentage difference from control, unless otherwise indicated
 Écart en pourcentage par rapport au scénario de référence (sauf indication contraire)



As with all models of the economy, QPM is expected to evolve over time. It was, in fact, put into production at an earlier developmental stage than has been typical of previous Bank models. This was because QPM, above all, was intended to be a user's model, easily accessible to all of the Bank's staff to assist them in their current analysis and research, and it was believed from the outset that only through extensive use would the staff come to know the model sufficiently well to be able to focus their efforts on key improvements over time. Moreover, putting the model at the centre of policy discussions at the Bank has brought a certain institutional momentum to its refinement that otherwise might be lacking.

Given the high degree of interdependence between the model's relationships, each refinement can, through the process of recalibration, have effects on many parts of the model specification. Accordingly, this article has focussed more on modelling philosophy, general characteristics and broad properties and less on model specifics. The latter will be dealt with in coming months in the Bank's Technical Report series.

* * *

Comme c'est le cas de tous les autres modèles économiques, le MTP est appelé à évoluer avec le temps. En fait, il a été mis en service à un stade moins avancé de son élaboration que ne l'ont été les autres modèles construits à la Banque. Cela s'explique par le fait que le MTP est avant tout un modèle conçu pour l'utilisateur, facilement accessible à l'ensemble du personnel de la Banque affecté à l'analyse conjoncturelle et à la recherche. On pensait dès le début que seule une utilisation intensive du modèle permettrait aux économistes de le connaître suffisamment bien pour pouvoir y apporter au cours des années les améliorations clés. De plus, le fait que le modèle est au centre des discussions qui sont tenues à la Banque au sujet de la politique monétaire a suscité un certain intérêt au sein de l'institution pour son amélioration, ce qui autrement n'aurait pas été le cas.

Étant donné le haut degré d'interdépendance des variables du modèle, chaque amélioration apportée peut, par le processus d'étalonnage, se répercuter sur un grand nombre d'équations du modèle. En conséquence, le présent article s'est plus attaché aux caractéristiques, propriétés et principes généraux de la modélisation qu'aux aspects particuliers du modèle. Un rapport technique traitant de ce dernier point paraîtra dans les mois qui viennent.