

# MUSE, le nouveau modèle de projection de l'économie américaine utilisé par la Banque du Canada

Marc-André Gosselin, René Lalonde et Nicolas Parent, département des Relations internationales

- *L'économie canadienne étant très ouverte et très intégrée à l'économie mondiale, la Banque du Canada a conçu plusieurs modèles pour analyser et prévoir l'évolution économique dans le reste du monde.*
- *Étant donné l'étroitesse des liens économiques du Canada avec les États-Unis, la Banque accorde une très grande importance à la production de prévisions internes de l'activité américaine aux fins de l'établissement de projections pour l'économie canadienne.*
- *Depuis environ deux ans, le personnel de l'institution utilise un nouveau modèle macroéconométrique, du nom de MUSE, pour étudier et prévoir l'évolution de l'économie des États-Unis. Ce modèle consiste en un système d'équations qui décrivent les interactions entre les principales variables macroéconomiques américaines, telles que le produit intérieur brut, l'inflation, les taux d'intérêt et le taux de change. Un modèle de prévision plus petit pour l'Europe, appelé NEUQ (pour New European Union Quarterly), a été adopté en même temps.*
- *Bien que l'objectif premier des modèles MUSE et NEUQ soit de fournir des prévisions de variables économiques étrangères aux fins de la formulation des projections relatives au Canada, ces modèles peuvent aussi être employés isolément à d'autres fins, notamment pour interpréter les réactions d'économies étrangères à divers chocs. On espère que l'utilisation de ces modèles se traduira par une évaluation mieux éclairée de l'évolution actuelle et future des facteurs économiques extérieurs.*

L'analyse et la prévision de l'évolution économique dans le reste du monde jouent un rôle déterminant dans l'élaboration de la politique monétaire canadienne. En particulier, la Banque du Canada attache énormément d'importance à la production de prévisions internes de l'activité économique américaine aux fins de l'établissement des projections relatives au Canada (Macklem, 2002), en raison des étroits liens financiers et réels qui existent entre les économies canadienne et américaine. Bien que les fondements théoriques et la structure macroéconomique des divers modèles de l'économie canadienne successivement utilisés par la Banque aient beaucoup changé au fil des ans, ces derniers ont toujours mis à contribution d'autres modèles ou sources d'information pour l'estimation de l'activité économique à l'étranger.

Depuis environ deux ans, le personnel de la Banque se sert d'un nouveau modèle macroéconométrique, du nom de MUSE pour *Model of the U.S. Economy*, afin d'analyser et de prévoir l'évolution de l'économie des États-Unis<sup>1</sup>. Ce modèle consiste en un système d'équations qui décrivent les interactions entre les principales variables macroéconomiques américaines, telles que le produit intérieur brut (PIB), l'inflation, les taux d'intérêt et le taux de change. MUSE renferme plus de 30 équations de comportement, dont la plupart sont estimées. Un modèle de prévision plus petit pour l'Europe, appelé NEUQ (sigle formé des initiales des mots *New European Union Quarterly*), a été adopté en même temps. De plus, en vue d'améliorer sa compréhension des questions économiques mondiales, la

1. Le modèle MUSE a été conçu à la Banque. Pour une description détaillée des caractéristiques du modèle, voir Gosselin et Lalonde (2005).

Banque est à mettre au point une version maison de GEM — un modèle d'équilibre général de l'économie mondiale, de type dynamique et stochastique, qui a été élaboré par le Fonds monétaire international —, qu'elle compte utiliser comme complément de ses autres modèles. Le modèle de la Banque portera le nom de BOC-GEM (*Bank of Canada Global Economy Model*). Le présent article traite principalement de MUSE, mais il présente également un survol de la spécification et des objectifs des modèles NEUQ (Encadré 1) et BOC-GEM (Encadré 2).

## L'importance des projections relatives au reste du monde

Il existe une différence conceptuelle entre les projections du personnel de la Banque au sujet du Canada et celles concernant le reste du monde. Les projections se rapportant au Canada consistent en une évaluation, par le personnel, du sentier d'évolution le plus probable de l'économie. Elles comprennent une recommandation au Conseil de direction de la Banque quant à la trajectoire qu'il est optimal d'imprimer au taux du financement à un jour pour ramener l'inflation au point médian (2 %) de la fourchette cible de maîtrise de l'inflation. Par contraste, le rôle principal des projections relatives au reste du monde n'est pas de fournir des recommandations précises pour la conduite de la politique monétaire, mais de prévoir l'évolution de l'activité économique et de l'inflation à l'étranger ainsi que les décisions probables des autorités monétaires des autres pays en matière de taux d'intérêt. Les modèles appliqués à cet effet sont donc moins axés sur l'analyse de politiques que le modèle canadien.

---

*Bien que l'objectif premier des modèles MUSE et NEUQ soit de produire des prévisions de variables économiques étrangères aux fins de la formulation des projections pour le Canada, ces modèles peuvent aussi être employés isolément à d'autres fins, notamment pour étudier les réactions d'économies étrangères à divers chocs.*

---

Bien que l'objectif premier des modèles MUSE et NEUQ soit de produire des prévisions de variables économiques étrangères aux fins de la formulation des projections pour le Canada, ces modèles peuvent aussi être employés isolément à d'autres fins, notamment pour étudier les réactions d'économies étrangères à divers chocs, comme les chocs pétroliers, les chocs de productivité et les chocs de politique budgétaire. Ce type d'analyse peut en outre permettre de tirer des parallèles intéressants avec l'économie canadienne.

## La structure de base de MUSE

La planification à long terme et la présence de coûts d'ajustement de l'activité économique jouent un rôle central dans MUSE. Ainsi, la spécification de la plupart des équations de comportement repose sur la méthode des coûts d'ajustement polynomiaux, tout comme celle de nombreuses équations du modèle FRB/US de la Réserve fédérale américaine (Brayton et autres, 1997). D'après cette approche, les ménages et les entreprises prennent des décisions avisées en fonction de leurs attentes au sujet de l'avenir, en les fondant sur les objectifs qu'ils souhaitent atteindre en l'absence de coûts d'ajustement. Les entreprises et les ménages modélisés selon cette approche ont un comportement optimal, mais des délais de planification, des obligations contractuelles et d'autres frictions les empêchent de ramener immédiatement les variables cibles au niveau désiré. Les décisions comportant des coûts d'ajustement plus élevés doivent être planifiées plus longtemps à l'avance.

La formulation polynomiale des coûts d'ajustement présente des analogies avec un modèle à correction d'erreurs. Elle consiste en deux équations : une pour le niveau désiré (souvent basée sur une relation de cointégration) et une pour le sentier dynamique de la variable considérée (exprimé en taux de croissance). Le comportement dynamique de celle-ci est déterminé par la valeur passée de l'écart entre les valeurs effective et souhaitée de la variable dépendante, par les valeurs passées de cette dernière et par les variations futures attendues du niveau désiré de cette même variable<sup>2</sup>. Au moyen d'une description très générale des coûts d'ajustement, ces modèles parviennent à reproduire fidèlement la persistance

---

2. Le nombre de retards de la variable dépendante dépend d'une description très générale de l'ordre des coûts d'ajustement. Dans les modèles où ces coûts revêtent une forme polynomiale, l'ajustement devient de plus en plus coûteux selon qu'il s'applique au niveau, au taux de variation, au rythme d'accélération, etc. (Tinsley, 1993).

## Encadré 1 Le modèle NEUQ\*

La zone euro et le Royaume-Uni interviennent ensemble pour environ 5 % dans les exportations du Canada et 11 % dans ses importations, et en constituent le deuxième partenaire commercial après les États-Unis. Bien que les liens commerciaux et financiers du Canada avec ces deux économies soient moins importants que ceux qu'il entretient avec les États-Unis, ils sont amplifiés par les effets indirects que les économies de la zone euro et du Royaume-Uni ont sur l'économie américaine et les cours mondiaux des produits de base<sup>1</sup>. Pour tenir compte de ces effets directs et indirects sur l'économie canadienne, les modèles MUSE et TOTEM ainsi que les projections internes de la Banque concernant les prix des produits de base mettent à contribution les projections relatives aux grandes variables macroéconomiques propres à la zone euro et au Royaume-Uni.

En mars 2005, la Banque du Canada a intégré son nouveau modèle de l'économie européenne, NEUQ (sigle formé des initiales des mots *New European Union Quarterly*) au processus de projection (voir Piretti et St-Arnaud, 2006, pour plus de renseignements). Il s'agit d'un petit modèle estimé de forme réduite, construit d'après le même paradigme « traditionnel » (une courbe de Phillips) que le modèle MUSE, mais à un niveau d'agrégation plus élevé. NEUQ a été conçu avant tout dans le but d'établir des projections au sujet de l'évolution future de la production réelle, de l'inflation et du taux directeur dans les économies de la zone euro et du Royaume-Uni.

Le modèle NEUQ consiste en deux blocs pays (un pour la zone euro et un pour le Royaume-Uni), dont chacun est endogène par rapport à l'autre par le biais de la demande étrangère. Chaque bloc comprend

trois équations de comportement. L'équation de demande globale (la première équation) relie la production réelle au taux d'intérêt, au taux de change effectif réel et à l'activité extérieure (la demande du Royaume-Uni, des États-Unis et de l'Asie, dans le cas de la zone euro, et la demande de la zone euro, des États-Unis et de l'Asie dans celui du Royaume-Uni). L'équation d'offre globale (la seconde) est modélisée à l'aide d'une courbe de Phillips prospective où l'inflation est déterminée par l'écart de production, le taux de change effectif réel et le prix réel du pétrole. Comme dans le modèle MUSE, la dynamique de l'inflation est modélisée par la méthode des coûts d'ajustement polynomiaux, afin de prendre en compte l'inflation attendue et un certain degré de persistance dans le processus d'ajustement de l'inflation<sup>2</sup>. Le modèle est bouclé par une troisième équation endogène, à savoir une règle de politique monétaire prospective et estimée, qui relie le taux d'intérêt à court terme nominal à l'écart entre l'inflation prévue et la cible d'inflation de l'autorité monétaire, ainsi qu'à l'écart entre la production effective et la production potentielle (toutes deux en termes réels). Tout comme dans le modèle MUSE, chacune des équations dynamiques possède un régime permanent vers lequel le modèle converge à long terme.

Le modèle NEUQ fournit des projections raisonnablement précises des variables macroéconomiques clés du Royaume-Uni et de la zone euro pour une gamme d'horizons. Il représente également un outil utile pour l'analyse des politiques économiques. D'après les simulations, le modèle a ceci d'intéressant que la production et l'inflation présentent une plus grande persistance dans la zone euro qu'au Royaume-Uni face aux chocs.

\* Le texte de cet encadré a été rédigé par Denise Côté.

1. La zone euro et le Royaume-Uni comptent pour environ 20 % des exportations des États-Unis et 17 % de leurs importations; ensemble, ils constituent le deuxième partenaire commercial de ce pays, après le Canada (Fonds monétaire international, 2006).

2. Dans l'équation d'offre globale, la production potentielle des économies du Royaume-Uni et de la zone euro est estimée au moyen d'un filtre de Hodrick-Prescott, conditionné par un sentier d'équilibre issu d'un modèle vectoriel autorégressif structurel (St-Arnaud, 2004).

des séries chronologiques. Par conséquent, ils se situent à mi-chemin entre les modèles d'équilibre général, dont la dynamique est entièrement expliquée par la théorie, et les modèles de forme réduite, qui se fondent seulement sur les données.

L'équilibre entre les stocks et les flux est pleinement explicité dans MUSE. Le modèle définit des valeurs d'équilibre précises pour tous les stocks en régime permanent. Par exemple, le ratio d'équilibre du capital des entreprises au PIB est déterminé par les coûts de financement des entreprises ainsi que par les taux de dépréciation et les prix relatifs des divers types d'actifs. Le taux d'imposition s'ajuste pour rejoindre le niveau cible de la dette publique en régime permanent. Le niveau des actifs nets à l'étranger par rapport au PIB tend aussi vers une valeur constante

dans le modèle. Enfin, la richesse humaine des ménages à l'équilibre dépend du revenu personnel, des impôts et des transferts de l'État.

---

*Les modèles à coûts d'ajustement polynomiaux se situent à mi-chemin entre les modèles d'équilibre général, dont la dynamique est entièrement expliquée par la théorie, et les modèles de forme réduite, qui se fondent seulement sur les données.*

---

## **Encadré 2**

### **Le modèle BOC-GEM**

Les économistes de la Banque du Canada sont en train d'adapter aux besoins de cette institution le modèle GEM (*Global Economy Model*) élaboré par le Fonds monétaire international.

Dans cette version de GEM, appelée BOC-GEM (*Bank of Canada Global Economy Model*), l'économie mondiale est divisée en cinq pays ou groupes de pays : le Canada, les États-Unis, les pays asiatiques émergents importateurs de matières premières (principalement la Chine et l'Inde), les pays exportateurs de matières premières (dont les pays membres de l'Organisation des pays exportateurs de pétrole) et le reste du monde (qui comprend notamment l'Europe et le Japon). En raison de l'importance du secteur des matières premières au Canada, cette version de GEM inclut, en plus des secteurs des biens échangeables et des biens non échangeables, le secteur du pétrole et du gaz naturel, ainsi que celui des autres matières premières.

BOC-GEM se situe dans la catégorie des modèles dynamiques d'équilibre général. Par conséquent, les fondements théoriques et microéconomiques sont très poussés, et tous les marchés sont modélisés à partir des concepts d'offre et de demande. Les paramètres du modèle ont été soit calibrés à l'aide

de données et d'études microéconomiques, soit inspirés d'autres modèles dynamiques d'équilibre général. Dans l'ensemble, les propriétés de BOC-GEM sont compatibles avec celles des modèles estimés ou partiellement estimés.

À cause de sa complexité et de sa nature particulière, BOC-GEM est un complément aux modèles MUSE, NEUQ et TOTEM. Il sera principalement utilisé aux fins d'études sur des enjeux exigeant une perspective internationale tels que les déséquilibres mondiaux, les causes et les effets de la hausse du prix du pétrole observée depuis quelques années ou l'incidence de l'ouverture des marchés sur le niveau de compétitivité des entreprises et sur le niveau des prix. Le modèle sera également mis à contribution dans l'établissement de projections à l'échelle mondiale afin de guider le point de vue du personnel sur les grandes questions de politique monétaire qui doivent être abordées dans une perspective internationale intégrée. Finalement, BOC-GEM aidera le personnel à s'assurer que les projections économiques réalisées au moyen de MUSE, NEUQ et TOTEM forment un ensemble cohérent.

La dynamique des variables nominales dans MUSE est définie par une courbe de Phillips qui décrit la relation positive entre l'inflation et l'écart de production en courte période. Ainsi, l'écart entre la production observée et la production potentielle est un déterminant crucial de l'inflation dans le modèle. De plus, l'inflation est déterminée dans un cadre d'anticipations rationnelles prospectives, et la persistance du processus d'inflation s'explique par la présence de coûts d'ajustement. La politique monétaire est modélisée selon une règle prospective simple. La fonction de réaction de la banque centrale vise à éliminer à la fois l'écart de production courant et l'écart prévu entre l'inflation effective et une cible d'inflation implicite. L'autre mécanisme d'ajustement important du modèle est le taux de change réel, qui réagit aux écarts de taux d'intérêt et au solde de la balance courante de façon à ramener le volume des actifs nets à l'étranger au niveau visé.

## Le PIB réel

Dans le modèle MUSE, le PIB réel des États-Unis se décompose comme suit : dépenses des ménages, investissements des entreprises, dépenses publiques et commerce extérieur. Ce modèle peut donc servir à analyser les conséquences d'un large éventail de chocs susceptibles de toucher l'économie américaine.

---

*Dans le modèle MUSE, le PIB réel des États-Unis se décompose comme suit : dépenses des ménages, investissements des entreprises, dépenses publiques et commerce extérieur.*

---

## Les dépenses des ménages

Les dépenses des ménages sont représentées dans MUSE par la somme de la consommation totale et des investissements dans le logement. Selon l'hypothèse du revenu permanent, la consommation d'un ménage à chaque période est fonction de son revenu permanent, défini comme la valeur actuelle de sa richesse (humaine et non humaine). Dans ces conditions, la consommation varie lorsque les agents modifient leurs attentes au sujet de leurs revenus futurs ou qu'ils se trompent dans leurs prévisions. Toutefois, la plupart des économistes rejettent la

version stricte de l'hypothèse du revenu permanent, en soutenant que le fait que certains ménages ont un accès limité au crédit restreint son application et que les ménages peuvent aussi choisir d'épargner pour des motifs de précaution. Dans ces deux cas, la consommation peut être plus étroitement liée au revenu courant qu'au revenu permanent.

En conséquence, le niveau désiré des achats des ménages dans MUSE est conforme à l'hypothèse du revenu permanent, mais il peut arriver que cette hypothèse ne soit pas respectée durant le processus d'ajustement (Gosselin et Lalonde, 2003). Le niveau souhaité des dépenses des ménages est fonction des taux d'intérêt réels, des revenus du travail disponibles attendus (richesse humaine) et des stocks de richesse immobilière et financière<sup>3</sup>. Les fluctuations à court terme des dépenses des ménages sont influencées non seulement par les déterminants rencontrés habituellement dans un modèle dynamique à coûts d'ajustement polynomiaux, mais aussi par le revenu disponible de la période en cours. Le pourcentage des ménages ayant un accès limité au crédit est de 27 %; le reste (73 %) des ménages a des attentes prospectives et se comporte conformément à l'hypothèse du revenu permanent. Aussi les ménages modifient-ils leurs profils de dépense assez lentement lorsque leurs dépenses s'écartent du niveau désiré. Comme certains ménages ont un accès limité au crédit, on postule également que les hausses des prix du pétrole exercent un effet négatif sur le revenu disponible.

## Les investissements des entreprises

Dans MUSE, les entreprises peuvent investir dans trois catégories de biens de capital : les infrastructures de type non résidentiel, le matériel de haute technologie et le matériel autre que celui de haute technologie. La ventilation des investissements des entreprises entre ces différents genres de dépenses permet des effets de substitution et de complémentarité entre les trois catégories de biens de capital. Le coût d'usage du capital et le PIB sont les principaux déterminants des fluctuations des stocks de capital désirés en longue période<sup>4</sup>. Les flux d'investissement souhaités sont calculés à partir des stocks de capital désirés. Comme on l'imagine, l'établissement des flux d'investissement aux niveaux souhaités donne lieu à d'importants

---

3. La richesse immobilière est fonction du parc immobilier résidentiel et des prix des maisons. Le principal déterminant des flux d'investissement dans le logement et des prix des maisons est le taux d'intérêt hypothécaire réel. La richesse financière dépend du stock de capital des entreprises, de la dette publique et du niveau des actifs nets à l'étranger.

4. Le coût d'usage du capital dépend des prix relatifs des biens d'équipement, des taux d'intérêt et des taux de dépréciation.

coûts d'ajustement d'origines fort diverses, liés par exemple à la collecte d'information, à la création de produits ou d'usines, aux essais de produits et aux approbations réglementaires. La modélisation du sentier d'évolution de l'investissement se fonde sur une structure de coûts d'ajustement polynomiaux. Dans certains cas, une variable relative à la croissance de la production est aussi incluse, afin de prendre en compte les effets sur la trésorerie de l'existence d'une contrainte financière chez certaines entreprises. Dans tous les cas, l'investissement affiche une inertie substantielle face aux fluctuations du PIB ou des coûts d'usage du capital.

Des hypothèses exogènes sont formulées concernant l'évolution tendancielle du facteur travail et le niveau de la productivité totale des facteurs. Combinées au stock de capital prévu, ces deux composantes s'insèrent dans une fonction de production Cobb-Douglas pour fournir une projection de la production potentielle<sup>5</sup>.

### Les dépenses publiques

Plusieurs canaux par lesquels le secteur public influe sur l'économie sont définis dans MUSE. En plus de la consommation et de l'investissement publics, qui se répercutent directement sur le PIB, les impôts et les transferts déterminent le revenu disponible des particuliers. La dette publique influe sur la consommation par le biais de son effet sur la richesse financière des ménages. Elle influence aussi la prime de risque relative aux obligations du Trésor, qui agit à son tour sur les taux d'intérêt hypothécaires et le coût du capital pour les entreprises. L'ensemble des dépenses publiques (transferts compris) est fonction de l'écart de production, ce qui reflète le jeu des stabilisateurs automatiques. Plus la récession ou l'offre excédentaire est forte, plus les dépenses publiques sous forme de transferts aux ménages sont élevées.

MUSE comporte une règle de politique budgétaire : l'État modifie ses revenus de façon à atteindre une cible exogène à l'égard de sa dette en longue période. Les contraintes politiques, les délibérations budgé-

5. La production potentielle passée est mesurée au moyen d'une approche éclectique, qui consiste à appliquer des filtres de Hodrick-Prescott conditionnés par le sentier d'équilibre issu d'un modèle vectoriel autorégressif structurel. Cette approche sert à l'estimation de deux composantes du PIB potentiel : le niveau de plein emploi du facteur travail et la progression tendancielle de la productivité du travail. Le niveau de plein emploi du facteur travail est fonction de la population, du taux d'activité d'équilibre, du taux de chômage d'équilibre et du nombre d'heures travaillées à l'équilibre (Gosselin et Lalonde, 2006).

taires et les délais de mise en œuvre empêchent l'État de porter rapidement le taux d'imposition au niveau désiré. Le taux d'imposition global revient donc lentement au niveau visé.

### Le commerce extérieur

MUSE ne comprend qu'une seule catégorie de biens : il ne fait pas de distinction entre les biens échangeables et non échangeables à l'échelle internationale. Les volumes souhaités des exportations et des importations sont modélisés de façon similaire. Ils sont tous deux sensibles aux prix relatifs et réagissent respectivement à l'évolution des revenus étranger et national. Les coûts d'ajustement peuvent être importants dans le secteur des biens échangeables. Ils englobent les coûts associés à un changement de fournisseur ou de marché, tels que ceux imputables à une connaissance insuffisante des pratiques commerciales en vigueur à l'étranger, aux politiques commerciales appliquées (en matière de taxes et de tarifs douaniers, par exemple) ou à l'existence d'autres effets frontières. Étant donné ces coûts, les entreprises qui maximisent leurs profits doivent être tournées vers l'avenir et prévoir la croissance de la demande intérieure et étrangère afin de réduire les coûts engendrés par des variations subites de celle-ci (Gagnon, 1989). Ce genre de frictions justifie l'utilisation de l'approche des coûts d'ajustement polynomiaux pour modéliser l'évolution dynamique des volumes d'échanges et des prix relatifs.

Dans MUSE, le niveau désiré des importations réelles est fonction de la demande intérieure du secteur privé, du degré d'ouverture au commerce mondial et du prix relatif des importations<sup>6</sup>. Le niveau souhaité des exportations réelles est aussi déterminé par le paradigme habituel revenu-prix relatifs, auquel se greffe une variable visant à tenir compte du phénomène de la mondialisation. La spécification dynamique des importations fondée sur l'approche des coûts d'ajustement polynomiaux fait intervenir la variation de l'écart de production pour tenir compte du fait que l'élasticité-revenu des importations en courte période est très supérieure à sa valeur de longue période (Hooper, Johnson et Marquez, 2000). Pour la même raison, on utilise l'écart de production à l'étranger dans la spécification dynamique des exportations. Les niveaux désirés du prix relatif des importations et de celui des exportations sont fonction du taux de change réel, du prix relatif du pétrole et

6. Le degré d'ouverture au commerce extérieur est mesuré par le volume des échanges entre les pays membres de l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques. Pour en savoir plus, voir Gosselin et Lalonde (2004).

d'une tendance déterministe baissière qui traduit le fait que la croissance de la productivité est plus rapide dans le secteur des biens échangeables que dans celui des biens non échangeables. Le prix relatif des importations joue un rôle capital dans MUSE, puisqu'il aide à déterminer le volume des importations et alimente directement le processus d'inflation.

## Le taux de change effectif réel du dollar américain

Ainsi qu'il a été mentionné plus haut, en régime permanent, le niveau des actifs nets à l'étranger par rapport au PIB tend vers un ratio cible dans MUSE. Cette convergence est facilitée par l'ajustement du taux de change effectif réel. Dans la version du modèle qui décrit le régime permanent, il existe en effet une valeur unique du taux de change pour laquelle ce ratio est égal au niveau visé. Le taux de change réel génère donc les fluctuations du solde de la balance commerciale nécessaires pour ramener le ratio à sa valeur cible.

Une équation de correction des erreurs partiellement calibrée régit l'évolution du taux de change. Les principaux déterminants à court terme sont l'écart entre le taux de change observé et le taux de change d'équilibre ainsi que les écarts de taux d'intérêt réels entre les États-Unis et leurs principaux partenaires commerciaux. Il existe une dichotomie entre les comportements du taux de change en courte et en longue période. Par exemple, après un accroissement de la demande intérieure, le taux de change s'apprécie à court terme en raison de la présence d'écarts de taux d'intérêt positifs, mais il se déprécie par la suite afin de produire un excédent commercial qui permettra le retour du ratio des actifs nets à l'étranger à la cible visée.

## L'inflation

La persistance de l'inflation attribuable à la rigidité des prix peut être modélisée de plusieurs façons, notamment à l'aide de coûts d'étiquetage ou de règles de révision des prix du type de celles décrites par Calvo (1983) et Taylor (1980). Les études récentes font plutôt appel à la courbe de Phillips des nouveaux économistes keynésiens ou à des variantes de celle-ci. Des spécifications hybrides, comme celle de Galí et Gertler (1999), peuvent dicter une forte persistance de l'inflation par le recours aux valeurs passées du taux d'inflation.

---

*Le processus d'inflation dans le modèle MUSE est déterminé par l'écart de production courant et les variations passées du prix relatif des importations, ainsi que par les valeurs futures et passées du taux d'inflation incluses pour prendre en compte les attentes d'inflation et les coûts d'ajustement.*

---

Nous n'avons opté pour aucune de ces théories concernant la détermination de l'inflation. Comme Kozicki et Tinsley (2002), nous avons fait appel à une approche des coûts d'ajustement polynomiaux plus générale et laissé les données décider du degré de persistance de l'inflation au lieu de l'imposer par le choix d'une spécification. L'approche adoptée postule que les agents économiques sont rationnels et comparent le coût d'une révision des prix à ce qu'il en coûte de s'éloigner des prix désirés. La présence de coûts d'ajustement des prix pousse les entreprises à atténuer les fluctuations de l'inflation, ce qui crée de la persistance dans le processus d'inflation. Le processus d'inflation dans le modèle MUSE est déterminé par l'écart de production courant et les variations passées du prix relatif des importations, ainsi que par les valeurs futures et passées du taux d'inflation incluses pour prendre en compte les attentes d'inflation et les coûts d'ajustement.

## La politique monétaire

Un certain nombre de taux d'intérêt sont modélisés dans MUSE et influent sur divers éléments du modèle. Ils sont tous arrimés, d'une façon ou d'une autre, au taux des fonds fédéraux aux États-Unis<sup>7</sup>. L'évolution du taux nominal des fonds fédéraux dans MUSE suit une règle de Taylor (1993). Ce type de règle monétaire offre une bonne représentation des décisions prises par la Réserve fédérale et cadre bien avec son double mandat, qui consiste à maintenir un taux d'inflation

---

7. Les autres taux d'intérêt retenus dans MUSE sont : le taux des obligations d'État à 10 ans, le taux d'intérêt hypothécaire à 30 ans, le taux des obligations de sociétés et le taux d'intérêt sur les actifs nets à l'étranger. Les taux à long terme dépendent des taux à court terme futurs attendus augmentés d'une prime de terme qui dépend du ratio de la dette publique au PIB.

bas et stable tout en favorisant un niveau d'emploi durable maximal. Inspirée de l'étude d'English, Nelson et Sack (2002), la règle est définie en fonction du taux d'intérêt neutre, de l'écart futur entre le taux d'inflation et la cible implicite, de l'écart de production courant et d'un coefficient de lissage. Le taux neutre est établi à sa valeur de régime permanent, laquelle est endogène dans MUSE : elle correspond à la valeur (unique) du taux d'intérêt réel qui permet d'égaliser la demande et l'offre globales en régime permanent.

## Analyse des chocs

Plusieurs chocs pertinents peuvent servir à illustrer le comportement dynamique de MUSE. L'incidence de trois chocs temporaires a été simulée : une hausse de la demande, une hausse du taux des fonds fédéraux et une hausse de l'inflation. Les effets d'une augmentation permanente de la productivité totale des facteurs ont aussi été examinés<sup>8</sup>.

### Une hausse temporaire de la demande intérieure du secteur privé

Dans ce scénario, un accroissement de la demande intérieure du secteur privé crée un écart de production positif qui dure environ deux ans. Cet écart de production entraîne une hausse légère mais persistante de l'inflation. En réaction à ces deux effets, l'autorité monétaire relève le taux des fonds fédéraux de façon à engendrer une faible offre excédentaire qui permettra de ramener l'inflation au taux visé. La majoration du taux des fonds fédéraux provoque une augmentation des autres taux d'intérêt, notamment ceux à moyen et long terme, ce qui a pour effet de faire revenir les dépenses des ménages et l'investissement à leurs niveaux dans le scénario de référence<sup>9</sup>. L'investissement met plus de temps à retourner à sa valeur d'équilibre en raison de son coût d'ajustement plus élevé. Comme la politique budgétaire est anticyclique, les transferts de l'État diminuent après le choc. Cette baisse des transferts fait reculer les flux de revenus disponibles des ménages et la richesse humaine et, par ricochet, les dépenses de ces derniers.

Les importations réelles augmentent à court terme, car une partie de la montée de la demande concerne des biens et des services importés. Comme, selon ce

scénario, les variables étrangères ne réagissent pas aux chocs survenant aux États-Unis, les exportations réelles chutent par suite de l'appréciation à court terme du taux de change réel imputable à la hausse des taux d'intérêt intérieurs. La détérioration du solde commercial donne lieu à une baisse temporaire du ratio des actifs nets à l'étranger, de sorte qu'une dépréciation du taux de change réel est nécessaire à moyen terme pour que ce ratio revienne à la valeur visée (Figure 1).

### Une hausse temporaire du taux des fonds fédéraux

Ce choc permet d'illustrer les divers canaux de transmission de la politique monétaire américaine qui sont modélisés dans MUSE. Dans cette simulation, la Réserve fédérale relève le taux nominal des fonds fédéraux de 100 points de base au cours de la première période et le maintient au-dessus de son niveau de référence pendant environ six trimestres, ce qui traduit sa préférence pour des taux d'intérêt relativement stables. Par le biais de la courbe des taux d'intérêt, la variation du taux à court terme se répercute sur tous les autres taux d'intérêt du modèle. La hausse générale du loyer de l'argent a pour effet de réduire la consommation et l'investissement durant les premières années de la simulation. Ici aussi l'investissement met plus de temps à retourner à sa valeur d'équilibre. L'incidence sur la consommation serait plus grande si la politique budgétaire ne venait pas soutenir le revenu disponible par une majoration des transferts de l'État.

L'existence d'écarts positifs entre les taux d'intérêt aux États-Unis et à l'étranger entraîne une appréciation du dollar américain et, partant, une baisse des exportations à court terme. Les importations chutent aussi, car l'effet à court terme de la réduction des revenus dans le secteur privé l'emporte sur l'incidence de la variation des prix relatifs. La hausse des taux d'intérêt se traduit par une augmentation des frais d'intérêt liés aux actifs nets à l'étranger. Pour redresser le solde de la balance commerciale et ramener le volume des actifs nets à l'étranger au ratio souhaité, le modèle doit produire une dépréciation du dollar américain à long terme. L'offre excédentaire, conjuguée à l'appréciation de la monnaie américaine, a un effet négatif sur l'inflation (Figure 2).

### Une hausse de l'inflation

Dans cette simulation, on observe les effets d'une hausse de l'inflation sur l'économie américaine. Le choc est relativement persistant, puisque l'inflation

8. Dans toutes ces simulations, il a été postulé que la production étrangère et les taux d'intérêt à l'étranger ne réagissaient pas aux chocs survenant aux États-Unis.

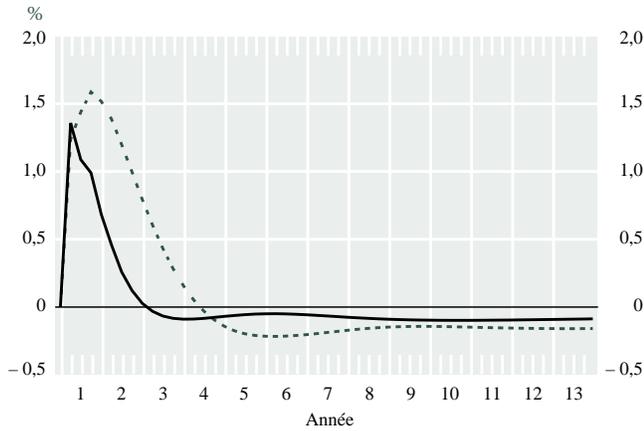
9. Le scénario de référence décrit le profil d'évolution des variables en l'absence de chocs.

Figure 1

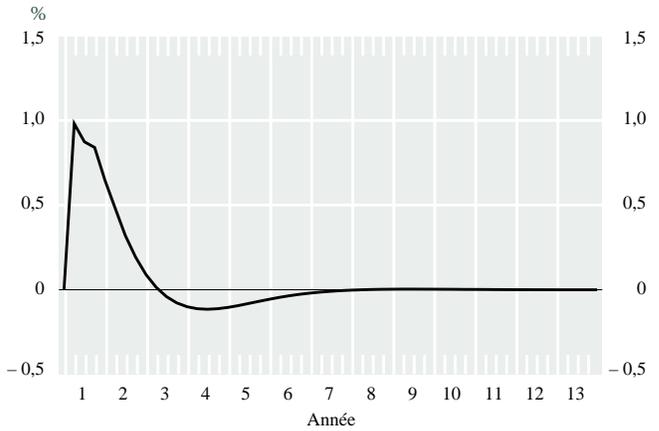
### Résultats de la simulation d'une hausse de la demande

La deuxième variable est représentée par le trait discontinu.

#### Dépenses des ménages et investissements des entreprises

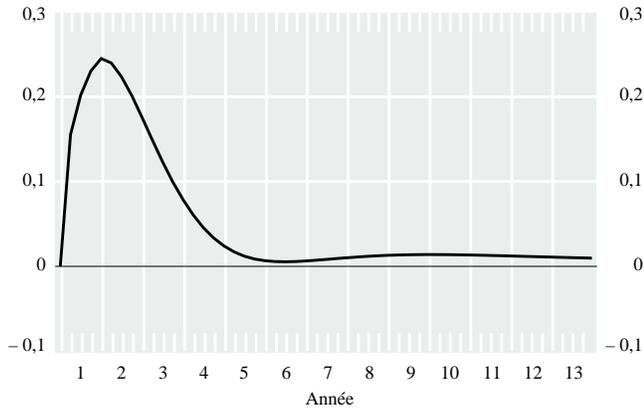


#### Écart de production



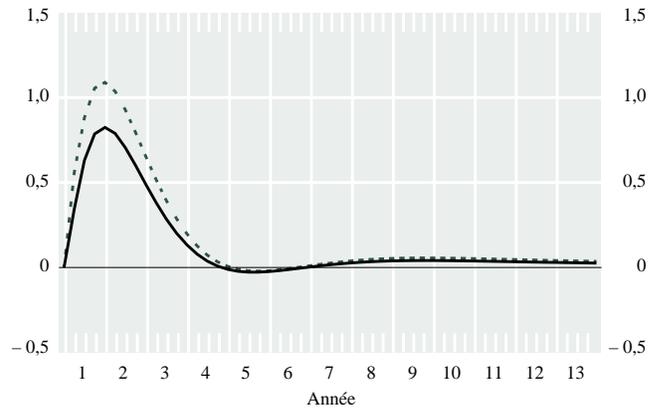
#### Taux d'inflation

Variation trimestrielle en points de pourcentage (chiffres annualisés)

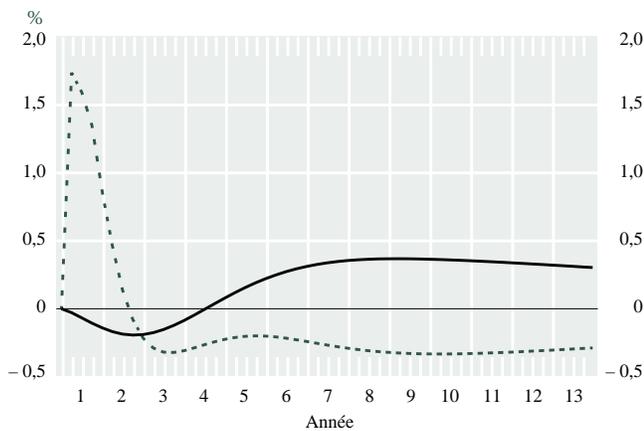


#### Taux réel et nominal des fonds fédéraux

100 points de base = 1



#### Exportations et importations



#### Taux de change effectif réel

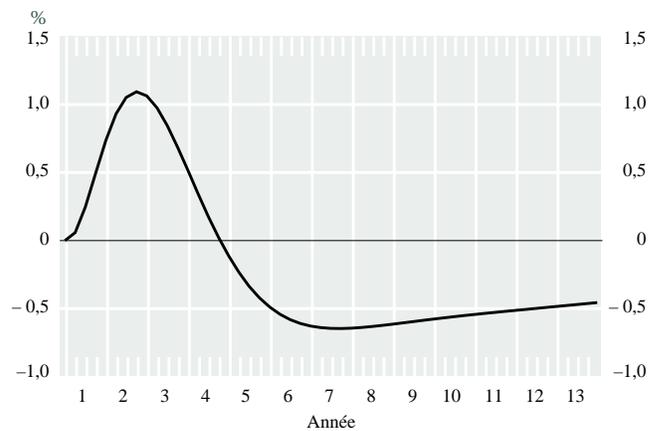


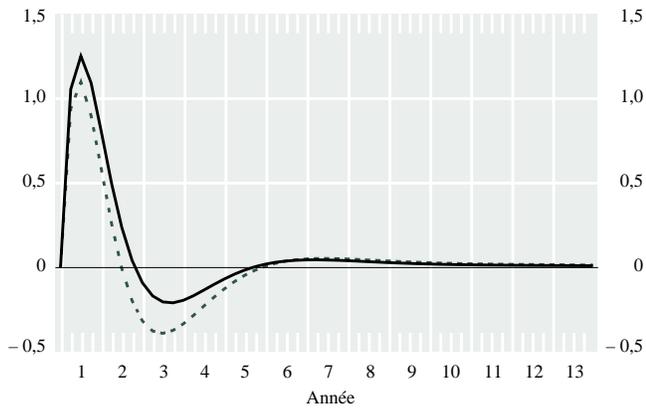
Figure 2

### Résultats de la simulation d'une hausse de 100 points de base du taux des fonds fédéraux

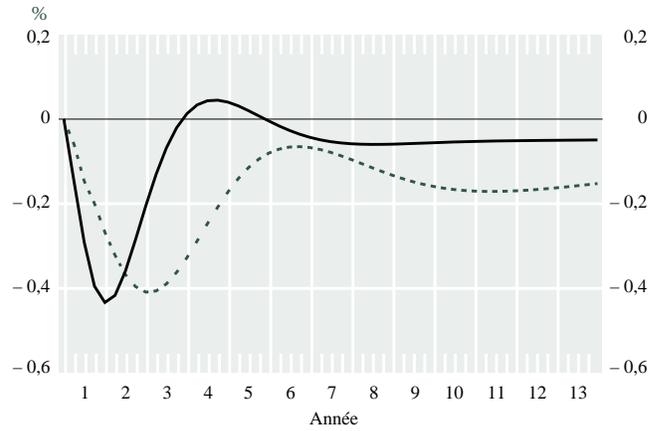
La deuxième variable est représentée par le trait discontinu.

#### Taux réel et nominal des fonds fédéraux

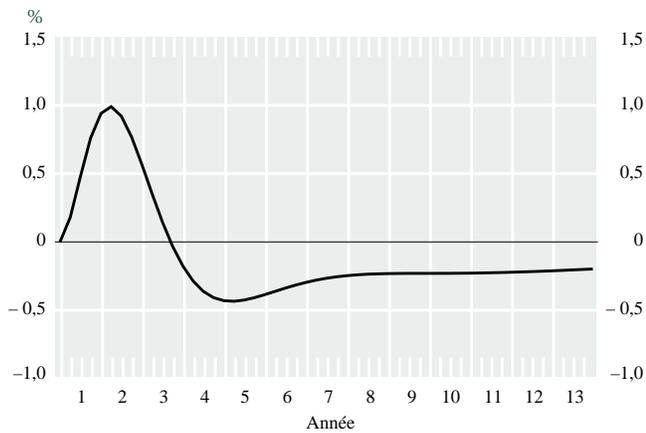
100 points de base = 1



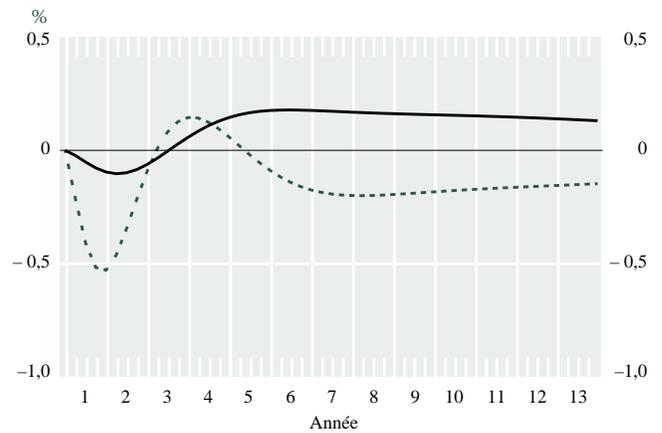
#### Dépenses des ménages et investissements des entreprises



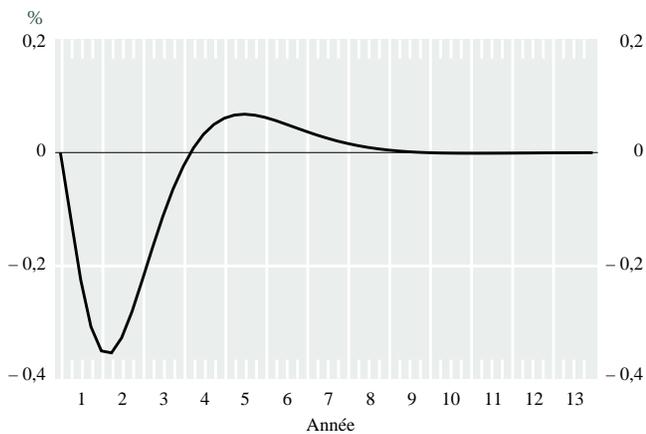
#### Taux de change effectif réel



#### Exportations et importations

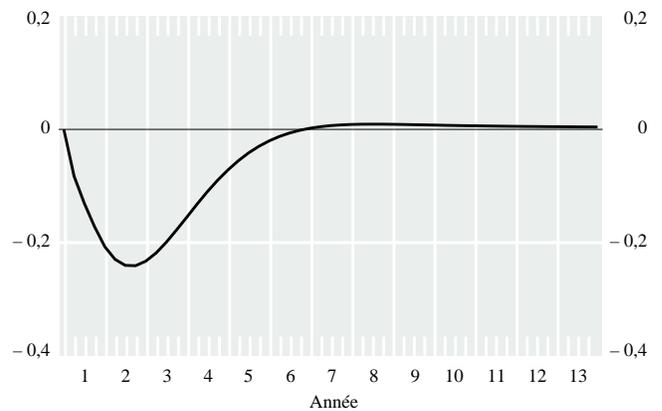


#### Écart de production



#### Taux d'inflation

Variation trimestrielle en points de pourcentage (chiffres annualisés)



demeure supérieure à la cible implicite pendant environ trois ans. Cette persistance découle de l'importance des coûts d'ajustement inhérents au processus d'inflation. La Réserve fédérale réagit rapidement, mais elle ne resserre que très peu sa politique monétaire, et ce, pour deux raisons. La première est que plus de la moitié du choc d'inflation se dissipe après un trimestre. La seconde a trait au double mandat de la Réserve fédérale : le relèvement des taux d'intérêt est d'une ampleur limitée du fait qu'il génère un écart de production négatif, lequel nécessiterait en soi un assouplissement de la politique monétaire. La Réserve fédérale crée néanmoins l'offre excédentaire nécessaire pour ramener l'inflation à la cible implicite (Figure 3).

### **Une hausse permanente de la productivité totale des facteurs**

Ce scénario consiste à simuler les effets d'une hausse permanente inattendue de la productivité totale des facteurs. Cette hausse entraîne un accroissement immédiat de la production potentielle. Les coûts d'ajustement associés aux composantes de la demande font en sorte que la demande ne grimpe pas aussi rapidement que l'offre dans un premier temps. Le choc crée donc une offre excédentaire très passagère mais non négligeable, qui cause un repli temporaire de l'inflation. La Réserve fédérale abaisse par conséquent les taux d'intérêt, ce qui accélère l'ajustement de la demande. La hausse permanente de la richesse humaine a une incidence positive sur les dépenses des ménages, pendant que les flux d'investissement augmentent de manière que le ratio du capital à la production des entreprises atteigne son niveau d'équilibre. En raison de l'écart de production négatif, les transferts de l'État s'accroissent sensiblement à court terme. Les dépenses publiques progressent autant que la production en longue période, ce qui ramène la taille du secteur public à son niveau de régime permanent. Les importations augmentent de façon permanente, parallèlement à la montée durable de la demande intérieure du secteur privé. À plus ou moins long terme, la hausse des

importations provoque une réduction du ratio des actifs nets à l'étranger, de sorte qu'une dépréciation permanente du taux de change devient nécessaire pour que ce ratio revienne à la valeur souhaitée. Cette dépréciation accroît le niveau des exportations réelles en régime permanent et freine l'élan des importations réelles (Figure 4). MUSE génère des effets complètement différents dans le cas d'un choc de productivité attendu. Par exemple, une augmentation de la productivité totale des facteurs qui est prévue dans deux ans d'ici est inflationniste, et non déflationniste, car elle crée une demande excédentaire au début : les agents tiennent compte des effets du choc sur leurs revenus futurs et augmentent leur demande dans l'immédiat. Dans ce cas, la Réserve fédérale majore les taux d'intérêt pour créer une offre excédentaire qui finira par ramener l'inflation à la cible.

### **Conclusions**

Par le recours intensif à des modèles à coûts d'ajustement polynomiaux, nous avons obtenu dans MUSE ce que nous estimons être un bon compromis entre la structure théorique et l'exactitude des prévisions. Fait important, MUSE peut aussi être utilisé pour effectuer des simulations de politiques économiques. Il peut notamment servir à étudier des questions telles que la réaction de l'économie américaine en présence de pressions inflationnistes et les conséquences de gains de productivité soutenus. Nous espérons que ce modèle enrichira notre compréhension de l'évolution actuelle et future de l'économie américaine.

Le modèle NEUQ est un complément utile au modèle MUSE pour l'établissement de projections économiques à l'échelle internationale. Et vu les liens réels et financiers de plus en plus étroits qui existent au sein de l'économie mondiale, le modèle BOC-GEM sera lui aussi très utile pour examiner des questions économiques dans une optique internationale. Ces trois modèles constituent ensemble des outils précieux pour la formulation de la politique monétaire canadienne.

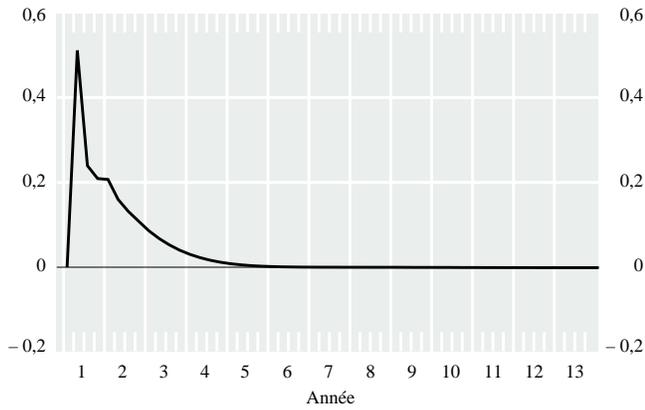
Figure 3

### Résultats de la simulation d'une hausse de l'inflation

La deuxième variable est représentée par le trait discontinu.

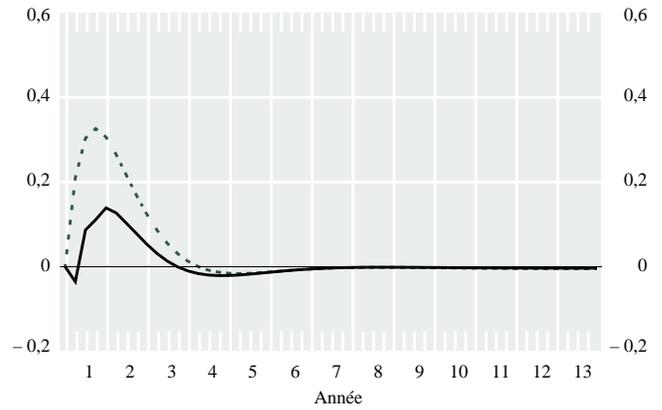
#### Taux d'inflation

Variation trimestrielle en points de pourcentage (chiffres annualisés)

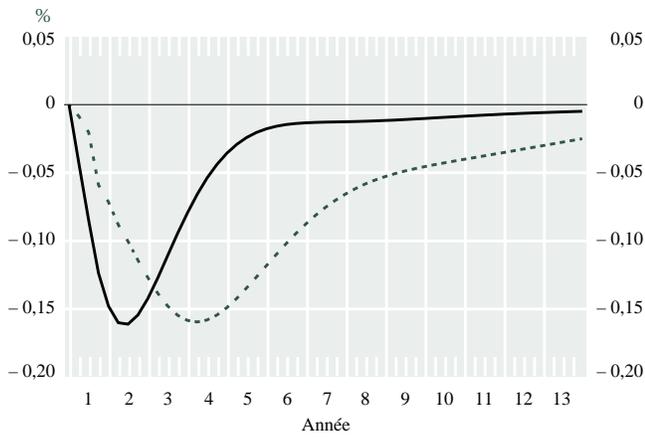


#### Taux réel et nominal des fonds fédéraux

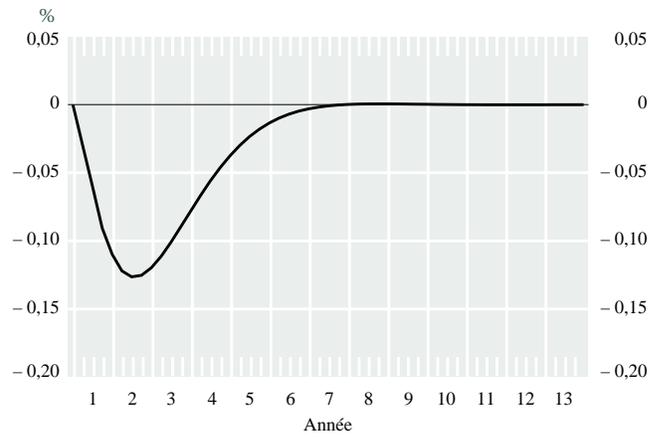
100 points de base = 1



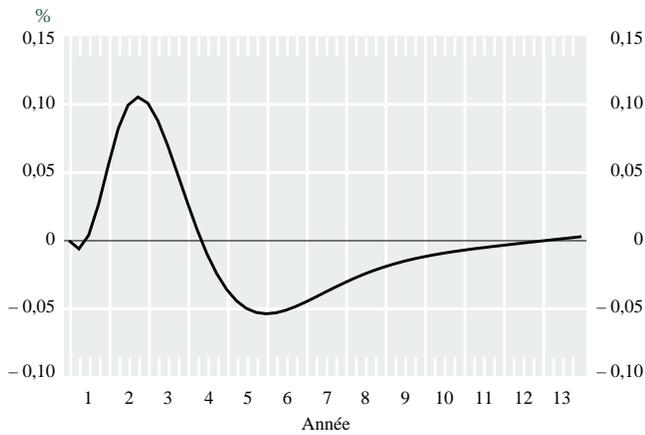
#### Dépenses des ménages et investissements des entreprises



#### Écart de production



#### Taux de change effectif réel



#### Exportations et importations

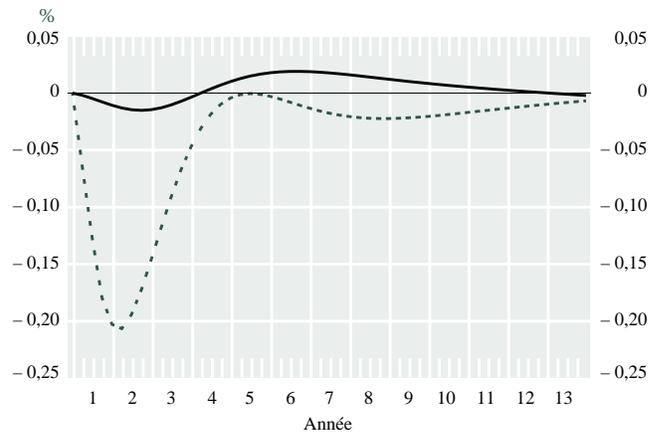
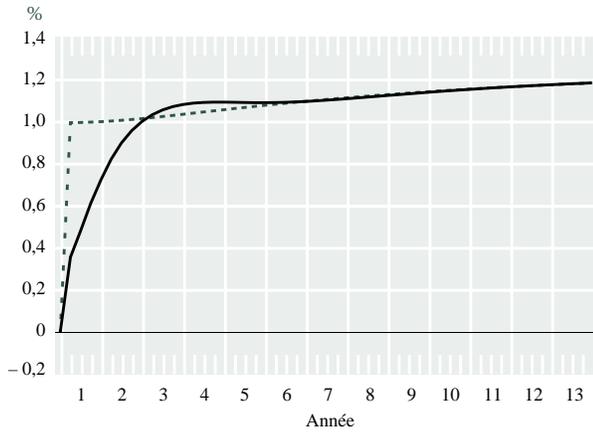


Figure 4

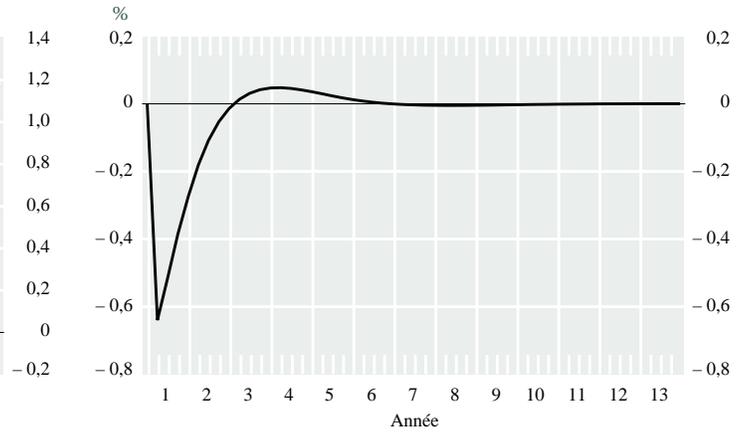
**Résultats de la simulation d'une hausse permanente de la productivité totale des facteurs**

La deuxième variable est représentée par le trait discontinu.

**Production effective et production potentielle**

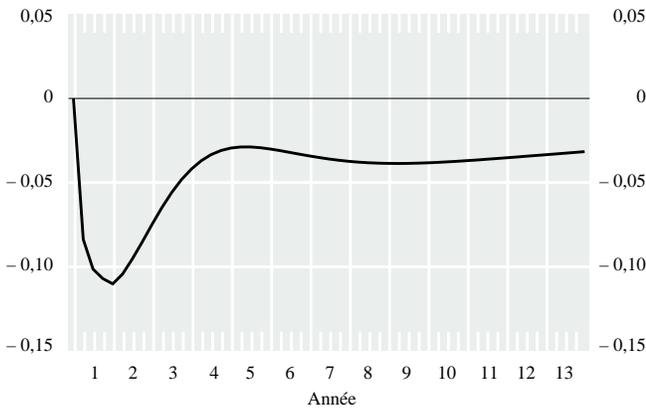


**Écart de production**



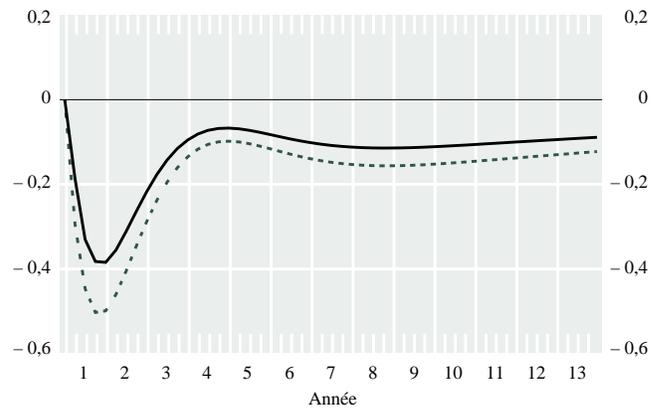
**Taux d'inflation**

Variation trimestrielle en points de pourcentage (chiffres annualisés)

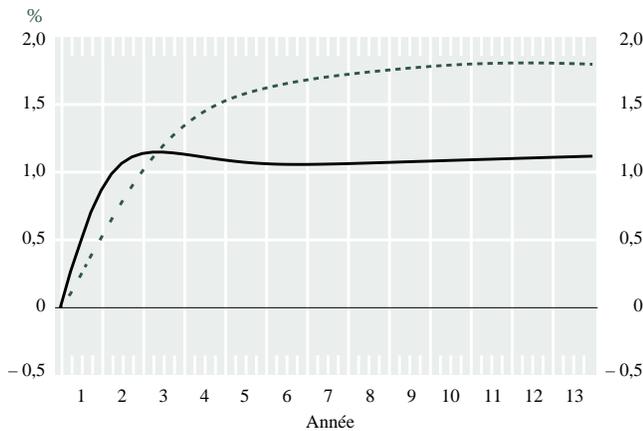


**Taux réel et nominal des fonds fédéraux**

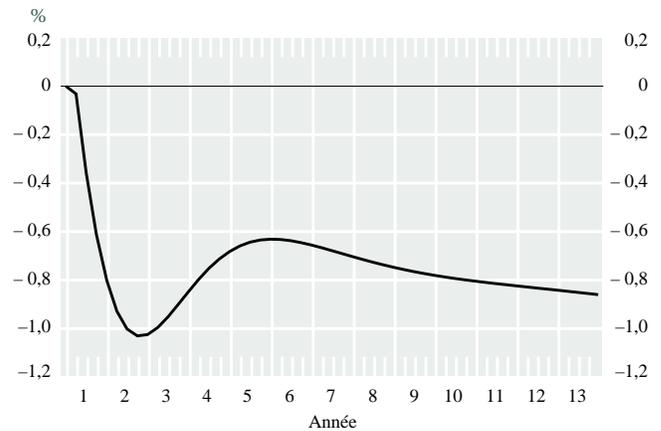
100 points de base = 1



**Dépenses des ménages et investissements des entreprises**



**Taux de change effectif réel**



## Ouvrages et articles cités

- Brayton, F., E. Mauskopf, D. Reifschneider, P. Tinsley et J. Williams (1997). « The Role of Expectations in the FRB/US Macroeconomic Model », *Federal Reserve Bulletin*, vol. 83, n° 4, p. 227-245.
- Calvo, G. (1983). « Staggered Prices in a Utility-Maximizing Framework », *Journal of Monetary Economics*, vol. 12, n° 3, p. 383-398.
- English, W., W. Nelson et B. Sack (2002). « Interpreting the Significance of the Lagged Interest Rate in Estimated Monetary Policy Rules », Conseil des gouverneurs de la Réserve fédérale, coll. « Finance and Economics Discussion », n° 2002-24.
- Fonds monétaire international (FMI) (2006). *Direction of Trade Statistics Yearbook*, juin.
- Gagnon, J. (1989). « Adjustment Costs and International Trade Dynamics », *Journal of International Economics*, vol. 26, n°s 3-4, p. 327-344.
- Galí, J., et M. Gertler (1999). « Inflation Dynamics: A Structural Econometric Analysis », *Journal of Monetary Economics*, vol. 44, n° 2, p. 195-222.
- Gosselin, M.-A., et R. Lalonde (2006). « An Eclectic Approach to Estimating U.S. Potential GDP », *Empirical Economics*, vol. 31, n° 4, p. 951-975.
- (2005). « MUSE: The Bank of Canada's New Projection Model of the U.S. Economy », rapport technique n° 86, Banque du Canada.
- (2003). « Un modèle "PAC" d'analyse et de prévision des dépenses des ménages américains », document de travail n° 2003-13, Banque du Canada.
- (2004). « Modélisation "PAC" du secteur extérieur de l'économie américaine », document de travail n° 2004-3, Banque du Canada.
- Hooper, P., K. Johnson et J. Marquez (2000). « Trade Elasticities for the G-7 Countries », coll. « Princeton Studies in International Economics », n° 87 (août).
- Kozicki, S., et P. Tinsley (2002). « Alternative Sources of the Lag Dynamics of Inflation », document de travail n° RWP 02-12, Banque fédérale de réserve de Kansas City. Texte aussi paru en français sous le titre « Les sources de la persistance de l'inflation », dans *Ajustement des prix et politique monétaire*, actes d'un colloque tenu à la Banque du Canada à Ottawa en novembre 2002, p. 3-50.
- Macklem, T. (2002). « Les éléments d'information et d'analyse préalables à la prise des décisions de politique monétaire », *Revue de la Banque du Canada* (été), p. 11-19.
- Piretti, A., et C. St-Arnaud (2006). « Launching the NEUQ: The New European Union Quarterly Model, A Small Model of the Euro Area and U.K. Economies », document de travail n° 2006-22, Banque du Canada.
- St-Arnaud, C. (2004). « Une approche éclectique d'estimation du PIB potentiel du Royaume-Uni », document de travail n° 2004-46, Banque du Canada.
- Taylor, J. (1980). « Aggregate Dynamics and Staggered Contracts », *Journal of Political Economy*, vol. 88, n° 1, p. 1-23.
- (1993). « Discretion Versus Policy Rules in Practice », *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, vol. 39 (décembre), p. 195-214.
- Tinsley, P. (1993). « Fitting Both Data and Theories: Polynomial Adjustment Costs and Error-Correction Decision Rules », Conseil des gouverneurs de la Réserve fédérale, coll. « Finance and Economics Discussion », n° 93-21.