Static and dynamic convergence in a recursive dynamic computable general equilibrium model: proposal of a simplified approach and application in GAMS

Tchoffo, Rodrigue

University of Dschang

1 September 2022

Convergence statique et dynamique dans un modèle d'équilibre général calculable dynamique récursif : proposition d'une approche simplifiée et application dans GAMS

Rodrigue Nobosse Tchoffo[1]

[1] PhD en Economie mathématique, Université de Dschang, Faculté des Sciences Economiques et de Gestion, r_tchoffo@yahoofr

Résumé

Cette étude propose une nouvelle technique simplifiée permettant de passer du cadre statique au cadre dynamique des modèles d'équilibre général calculable (MEGC). Un accent est mis sur le traitement de la convergence pouvant être constante ou variable. Nous montrons que dans la convergence à coefficient variable, la définition d'un paramètre d'ajustement est nécessaire et permet d'opérer le bon choix des valeurs qui correspondent à l'économie étudiée.

Mots clés : Modèle dynamique, convergence, matrice de comptabilité sociale, GAMS

Code jel : C68, E2

Abstract

This study proposes a new simplified technique for moving from the static to the dynamic framework of computable general equilibrium (CGE) models. Emphasis is placed on dealing with convergence that can be constant or variable. We show that in variable coefficient convergence, the definition of an adjustment parameter is necessary and makes it possible to make the right choice of values that correspond to the economy studied.

Key words: Dynamic model, convergence, social accounting matrix, GAMS

Jel classification: C68, E2

Introduction

Dans la vie réelle, la plupart des actes que l'on pose sont fondés sur la base des anticipations. C'est d'ailleurs ce qui a valu la critique formulée par Milton Friedman sur le modèle Keynésien dans sa théorie du revenu permanent. Ce type de comportement est d'autant vrai au niveau des gouvernements qu'ils sont en permanence dans des supputations sur l'avenir de l'économie et ses différents agents. La crise économique et financière des années 70-80 qui a plongé de nombreux pays surtout ceux en développement dans une spirale de contreperformances économiques a poussé les gouvernements à faire un large effort de modélisation dans le but de procéder à des projections et orienter les décisions en matière de politique économique en s'appuyant sur des données de la comptabilité nationale. C'est dans ce registre que l'on peut trouver un repère viable au développement de la version dynamique des modèles d'équilibre général calculable (MEGC). Avant que les MEGC dynamiques ne connaissent cette expansion remarquée depuis le debut de la décenie 2010, les économistes trouvaient un moyen de contournement lorsqu'il s'agit de decrire le comportement de l'investissement, connu comme le vecteur par essence de la dynamique. Ils traitent généralement le capital futur comme la reserve que les ménages font pour leur consommation future c'est-à-dire l'épargne (Cardenete et al., 2017). Le fait de reconnaître aux MEGC la capacité à faire des simulations en opposition aux prévisions ne les exclut pas de toute façon de servir à des anticipations des acteurs économiques. Ce modèle pourrait servir par exemple à planifier les actes et mesures à prendre pour pallier à une recrudescence des effets d'une résurgence de la pandémie du Covid-19. D'une manière générale, les modèles dynamiques tirent leurs fondements théoriques des travaux de Kalecki (1935) et de Goodwin (1948). Au plan empirique, il s'est développé une large littérature sur ce type de modèle depuis les travaux de Palsev (2004). La recherche de la solution dynamique repose sur deux méthodes principales : la méthode numérique et la méthode itérative de la solution approximative (Smith et al., 2016). Ces deux approches reposent sur des techniques de résolution des systèmes d'équations différentielles. Quant aux types de dynamique couramment rencontrés, on distingue la dynamique séquentielle de la dynamique récursive. Dans la dynamique séquentielle, les solutions obtenues à une période servent de base de données pour l'année suivante. Dans la dynamique récursive qui est celle adoptée dans ce travail, chaque période est résolue de façon statique (Mbanda et Chitiga-Mabugu, 2017). Cependant, force est de constater qu'une description saisissante et surtout pratique de la manière dont est implémenté l'aspect dynamique manque cruellement dans des travaux. Par conséquent, un novice qui s'intéresse à cet aspect de la modélisation fait face à des difficultés énormes pour mener son projet. C'est la rasion pour laquelle cette étude se propose de devélopper une nouvelle technique simplifiée permettant de passer du cadre statique au cadre dynamique avec une application dans le logiciel GAMS. Un accent est mis sur la convergence de la solution autour du sentier de la croissance équilibrée. Pour son contrôle, nous définissons un paramètre de convergence dont le choix des valeurs dépend de deux facteurs : prémierèment, il peut être constant ou variable et deuxièmement, il doit être conforme aux caractéristiques structurelles de l'économie étudiée. Ceci dit, la section 1 est consacrée à la description du modèle statique. La section 2 explique comment passer du cadre statique au cadre dynamique. La section 3 décrit la convergence des solutions. La section 4 fait un récapitulatif des étapes de la mise en œuvre de la dynamique, puis la section 5 décrit un exmple pratique. Les codes GAMS pour réproduire les résultats en cas de besoins sont fournis à l'annexe.

1 Description du modèle

Le modèle qui est développé ici est inspiré de Hosoe et al. (2010) avec quelques ajustements faits à la lumière des travaux de Decaluwé et al. (2001). Il considère deux facteurs de production (le capital et le travail) et suppose que le travail est mobile entre les branches d'activité tandis que le capital est spécifique à chaque branche.

- Il y a deux catégories d'agents privés (les ménages et les institutions à but non lucratif) qui offrent les facteurs de production contre une rémunération, qui constitue leur principale source de revenu. Ce revenu est ensuite dépensé dans l'achat des biens et services et le reste est consacré à l'épargne ;
- L'utilité des ménages est captée par une fonction de consommation de type Cobb Douglas ;
- La mobilisation totale de l'épargne des agents (ménages, gouvernement et reste du monde) suit le postulat keynésien c'est-à-dire qu'elle permet de définir le niveau potentiel de l'investissement qui assure l'équilibre épargne investissement ;

- Les recettes de l'Etat sont exclusivement issues de la taxe indirecte collectée sur les biens et services ;
- Ces recettes qui constituent le revenu de l'Etat sont ventilées en termes de dépenses publiques et le reste représente son épargne ;
- L'épargne du reste du monde est déterminée par le solde du compte courant (importations moins exportations) ;
- Le comportement des entreprises n'est pas capté de manière explicite. Elles achètent les facteurs de production et les exploitent pour produire les biens et services disponibles dans l'économie ;
- La technologie de production obéit à une spécification Armington de type CET ;
- La consommation intermédiaire des branches obéit à une technologie de type Leontief basée sur les coefficients techniques de la matrice entrée-sorties ;
- La valeur ajoutée des branches suit la spécification Cobb Douglas à rendements d'échelle constants ;
- La fonction d'importations obéit à une spécification Armington de type CES ;
- Il existe une demande composite composée de la demande domestique et de la demande étrangère (exportations) de même que l'offre composite est constituée de l'offre domestique et de l'offre étrangère (importations).

1.2 Matrice de comptabilité sociale

La MCS contient 9 comptes au total. On a deux comptes d'activité (A1 et A2), quatre comptes d'institutions courantes (le ménage, HH ; les institutions à but non lucratif, ISBN ; le gouvernement, G, et le reste du monde, ROW), deux comptes de facteurs (capital, KD et travail, LD) et un compte d'accumulation (ACC) créé pour enregistrer les épargnes et les investissements. Cette matrice est construite à partir du tableau IO (Tableau 1) qui établit l'équilibre entre les emplois et les ressources en produits[1]. Pour passer du TES à la MCS, nous supposons que l'offre totale des facteurs est redistribuée aux ménages, HH et institutions à but non lucratif, ISBN proportionnellement aux parts respectives de leurs dépenses de consommation. Le coefficient de répartition ϑ_h est ainsi déterminé par :

$\vartheta_h = \frac{\sum_j Cp_{h,j}}{\sum_h \sum_i Cp_{h,i}}$ et le revenu issu de la vente des facteurs par le ménage h est déterminé par : $YF_{h,k} = \vartheta_h . \sum_j FF_{k,j}$.

A titre d'illustration, $\vartheta_{'hh'} = \frac{10+15}{(10+15)+(5+10)} = 0.625$ et $\vartheta_{'isbn'} = \frac{5+10}{(10+15)+(5+10)} = 0.375$ ce qui permet de calculer

$$YF_{'hh','ld'} = \vartheta_{'hh'}\left(FF_{'ld','A1',} + FF_{'ld','A2',}\right) = 0.625(10+20) = 18.75$$

$$YF_{'hh','kd'} = \vartheta_{'hh'}\left(FF_{'kd','A1',} + FF_{'kd','A2',}\right) = 0.625(15+10) = 15.625$$

[1] La structure de ce tableau obéit aux données de Eora database qui a l'avantage de fournir les données sur 190 pays

L'épargne de chaque agent est déterminée par la différence entre le revenu et les dépenses globales de ce dernier. Enfin, le volume d'investissement est déduit comme étant la différence entre l'output total de chaque branche et la demande composite correspondante. Cette dernière écriture permet d'équilibrer le reste des comptes de la MCS.

Tableau 1: Matrice entrée sorties de base

	1	2	HH	ISBN	G	INV	EX	Stock	TE
1	40	15	10	5	20	15	10	-5	110
2	25	35	15	10	15	10	20	-15	115
LD	10	20	Secteurs : 1 &2			Variation de stock: Stock		Exportations: EX	
KD	15	10	Ménage : HH			Travail : LD		Total resources: TR	
TX	5	10	Institution non marchande : ISBN			Capital: KD		Total emplois: TE	
M	15	25	Gouvernement : G			Taxe : TX			
TR	110	115	Investissement: INV			Importations: M			

Tableau 2: Illustration de la MCS

	A1	A2	LD	KD	HH	ISBN	G	ROW	ACC	Total
A1	40	15			10	5	20	10	10	110
A2	25	35			15	10	15	20	-5	115
LD	10	20								30
KD	15	10								25
HH			18,75	15,625						34,375
ISBN			11,25	9,375						20,625
G	5	10								15
ROW	15	25								40
ACC					9,375	5,625	-20	10		5
Total	110	115	30	25	34,375	20,625	15	40	5	

1.3 Equations et bouclage du modèle

L'ensemble des équations utilisées dans cette étude, déterminées sur la base des hypothèses précédentes est présenté en annexe, l'indice t renvoyant au temps. Pour répliquer la situation de référence, chaque équation du modèle est calibrée à partir d'un paramètre dont la valeur est calculée en amont à l'aide des données initiales issues de la MCS. Par exemple, pour déterminer les valeurs de la valeur ajoutée, $VA_j = S_j . FF_{LD.j}{}^{\alpha_i} . FF_{KD.j}{}^{(1-\alpha_i)}$, les paramètres technologiques de la fonction Cobb Douglas S_j sont déterminés en amont par$S_j = VA0_j / \, FF0_{LD.j}{}^{\alpha_i} . FF0_{KD.j}{}^{(1-\alpha_i)}$ avec $FF0_{LD.j}$ et $FF0_{KD.j}$les valeurs initiales des facteurs travail et capital respectivement[2] et α_i l'élasticité de la demande de travail[3].

S'agissant du bouclage du modèle, il faut d'abord définir les ensembles qui sont :

$i = j \subset I = \{A1, A2\}$ qui est l'ensemble des branches d'activité avec Ai la branche numéro i ;

$h = nh \subset H = \{HH,\ ISBN\}$ qui est l'ensemble des catégories d'agents privés avec HH les ménages et $ISBN$ les institutions à but non lucratif ;

[2] Ces valeurs étant issues de la MCS

[3] L'intégralité de la calibration est donnée dans le code GAMS en annexe

$k \subset K = \{LD,\ KD\}$ qui est l'ensemble des facteurs de production avec LD le travail et KD le capital ;

$t = \{1 * 30\}$ qui est l'horizon temporel.

$Sim = \{1, 10, 20, 30\}$ qui représente le découpage de l'horizon t en 4 sous-périodes de 10 chacune.

$t_2 = \{1 * 10\}$ qui représente la première décennie de l'horizon

On a donc au total 2 branches d'activité, 2 catégories d'agents privés, 2 facteurs de production sur un horizon de 30 ans. Comme indiqué à l'annexe, le modèle contient au total 2070 variables et 1770 équations. Pour rendre le modèle carré, 270 variables sont fixées avec 30 (le taux de salaire) fixées comme numéraires. Il y a par conséquent 1770 variables endogènes et 270 variables exogènes. Ces variables exogènes qui constituent la fermeture du modèle sont données ainsi qu'il suit : $FF_{r,k,j}$; $Pm_{r,i}$; $PWE_{r,i}$; ε_r. Le scénario principal consiste à annuler le taux des droits de douane à l'importation des produits $\tau m_{r,i}$.

2 Du cadre statique au cadre dynamique

Pour passer du cadre statique au cadre dynamique, on se sert du comportement de l'investissement. Pour cela, nous partons de deux variantes du capital. On a d'une part l'accumulation du stock de capital (KS_t) et le gain issu de l'exploitation du capital (K_t) déterminés à la période t (Caron, 2014).

2.1 Comportement du stock de capital

L'accumulation du stock de capital à la période $t + 1$ (KS_{t+1}) est déterminée par :

$$KS_{t+1} = (1 - \delta)KS_t + I_t \quad (1)$$

Avec I_t le volume d'investissement à la période t et δ le taux de dépréciation du capital. Cependant ce modèle capte plutôt le gain issu du capital.

2.2 Expression du gain en capital

Le gain en capital K_t est déterminé par :

$$K_t = \rho KS_t \quad (2)$$

Avec ρ le taux de rendement du capital.

En multipliant chaque membre de l'équation (1) par ρ, on obtient l'accroissement du gain en capital donné par l'équation 3 :

$$K_{t+1} = (1 - \delta)K_t + \rho I_t \quad (3)$$

2.3 Sentier de la croissance équilibrée

Nous supposons que le travail croît au taux de croissance de la population (g). On démontre que les autres variables croissent au même taux g.

Pour ne prendre que le cas du travail on a :

$$L_{t+1} = (1 + g)L_t \quad (4)$$

ou encore $L_t = L_0(1+g)^t$ avec L_0 le niveau initial de main d'œuvre donné dans la MCS de base.

Ainsi, rendre le modèle dynamique va consister à établir deux écritures équivalentes de l'accroissement du capital plus précisément du profit lié à l'exploitation du capital.

D'une part, le capital K_t doit aussi croître au taux g pour assurer l'équilibre emplois ressources des comptes de la MCS, c'est-à-dire qu'on a :

$$K_{t+1} = (1+g)K_t \qquad (5)$$

D'autre part, K_t doit être calibré par l'équation 3.

L'équivalence entre les équations (3) et (5) permet d'établir que :

$$(1-\delta)K_t + \rho I_t = (1+g)K_t$$

Pour assurer l'égalité précédente, la connaissance des paramètres δ et g qui seront fixés à la base, permet de calculer le taux de rendement du capital ρ.

On a ainsi :

$$\rho = \frac{(g+\delta)K_t}{I_t} \qquad (6)$$

Puisque la valeur de ρ reste constante dans le temps, il doit être calculé à partir des valeurs initiales d'investissement et de capital fournies dans la MCS. Posons I_0 le volume total d'investissement fourni dans le total de la colonne du compte d'accumulation (ACC) de la MCS, et K_0, le stock initial de capital fourni dans le total de la ligne du compte capital (LD) de la MCS.

On obtient pout $t = 0$

$$\rho = \frac{(g+\delta)K_0}{I_0} \qquad (7)$$

2.4 Application sur la MCS sur deux périodes

La MCS du tableau 2 correspond aux données de la période initiale (t =0). Nous appliquons les formules données à la section précédente pour trouver la MCS à la période 1.

Supposons un taux de croissance de la population $g = 0{,}02$; un taux de dépréciation du capital $\delta = 0{,}01$. Le stock de capital initial est de $K_0 = 25$ et le volume initial d'investissement est de $I_0 = 5$. Nous pouvons alors calculer le taux de rendement de capital

$$\rho = \frac{(g+\delta)K_0}{I_0} = \frac{(0{,}02+0{,}01)25}{5} = 0{,}15$$

Puisque les variables croissent au taux g on a par exemple, l'offre de travail du secteur A1 qui passe de 10 à 10(1+0,02) = 12,2. La même formule est appliquée sur toutes les valeurs de la MCS sauf le total du compte KD de valeur 25 où nous appliquons plutôt la formule (3) :

Pour $t = 1, K_1 = (1-\delta)K_0 + \rho I_0 = (1-0{,}01)25 + 0{,}15(5) = 24{,}75 + 0{,}75 = 25{,}5$. On peut vérifier que cette valeur est en conformité avec la formule (5). On a en effet, $K_1 = K_0(1+g) = 25(1{,}02) = 25{,}5$.

Tableau 3: Illustration de la MCS pour la seconde période

	1	2	LD	KD	HH	ISBN	G	ROW	ACC	Total
1	40,8	15,3			10,2	5,1	20,4	10,2	10,2	112,2
2	25,5	35,7			15,3	10,2	15,3	20,4	-5,1	117,3
LD	10,2	20,4								30,6
KD	15,3	10,2								25,5
HH			19,125	15,9375						35,0625
ISBN			11,475	9,5625						21,0375
G	5,1	10,2								15,3
ROW	15,3	25,5								40,8
ACC					9,5625	5,7375	-20,4	10,2		5,1
Total	112,2	117,3	30,6	25,5	35,0625	21,0375	15,3	40,8	5,1	

3 Convergence des variables

Précisons que le modèle fonctionne en mode récursif en opposition au mode séquentiel. La dynamique récursive signifie qu'à chaque période, le modèle se résout de façon statique (Mbanda et Chitiga-Mabugu, 2017) contrairement au cas séquentiel où les résultats de chaque période constituent la base du calibrage pour la période suivante. Pour assurer la convergence des variables à l'état stationnaire, il faut définir un paramètre de convergence (ξ) de valeur non nulle et ajuster le taux de croissance du travail par $\xi(1+g)$. L'équation (4) devient:

$$L_{t+1} = \xi(1+g)L_t \quad (8)$$

Le choix de la valeur de ξ dépend de la tendance que prennent les variables dans le moyen et le long terme.

i) Si $|\xi| < 1$ alors $\lim_{t \to +\infty} L_t = 0$ et le phénomene converge vers 0 ;
ii) Si $|\xi| > 1$ alors $\lim_{t \to +\infty} L_t = \pm\infty$ et le phénomène diverge.

Deux cas de convergence sont envisageables : la convergence à coefficient constant et la convergence à coefficient variable. Le choix de l'une ou de l'autre forme de convergence doit se faire en fonction du comportement de l'économie étudiée.

3.1 Convergence à coefficient constant

Dans la convergence à coefficient constant, le paramètre de convergence ξ ne dépend pas du temps. Sa valeur est fixée suivant les règles i) et ii) précédentes.

Pour application, voir le code GAMS en annexe 2 ;

3.2 Convergence à coefficient variable

La convergence à coefficient variable exige une modification des paramètres dynamiques du modèle. On a également besoin d'un paramètre d'ajustement $\aleph$ de valeur constante. Le coefficient de convergence ξ dépend désormais de l'horizon temporel t c'est-à-dire ξ_t. Les étapes à suivre sont :

i) Seul le taux de croissance de la main d'œuvre qui s'applique également au capital est utilisé. La définition des taux de dépréciation et de rendement du capital perdant ainsi tout son sens.

ii) Le calibrage de ξ_t se fait ainsi qu'il suit : On fixe au préalable la valeur du paramètre d'ajustement $\aleph$ et du paramètre de convergence à la date initiale (ξ_0) et on a :

$$\xi_t = \xi_{t-1}\aleph \text{ si } t > 1 \tag{9}$$

Pour l'application, voir le code GAMS en annexe 3 ;

4 Résumé des étapes de mise en œuvre du modèle dynamique

Les étapes diffèrent selon que le coefficient de convergence est constant ou variable.

4.1 Cas d'une convergence à coefficient constant

i) Construire le modèle statique ;
ii) Définir l'ensemble t pour l'horizon temporel ;
iii) Ajouter l'indice t aux paramètres, variables et équations du modèle statique ;
iv) Garder constants les paramètres d'échelle et les élasticités des fonctions CES, CET, Cobb Douglas et Leontief ainsi que les prix fixés à l'unité ;
v) Déclarer et définir les taux de dépréciation du capital (δ), le taux de rendement du capital (ρ) et le taux de croissance de la main d'œuvre (g) ;
vi) Calibrer le taux ρ en appliquant la formule (6) ;
vii) Déclarer et définir le paramètre de convergence ($Conver$) ;
viii) Faire croître les paramètres directement issus de la MCS au taux g ;
ix) Initialiser la demande de travail suivant l'équation (4) et la demande de capital suivant l'équation (5) ;
x) Procéder aux simulations.

4.2 Cas d'une convergence à coefficient variable

L'étude de la convergence avec paramètre variable dans le temps dépend de la valeur initiale de ξ_0 et du coefficient de convergence $\aleph$.

Les étapes restent les mêmes que dans le cas constant sauf les points v) où seul le taux g est nécessaire, vi) et ix). Les différents cas de figures sont les suivants :

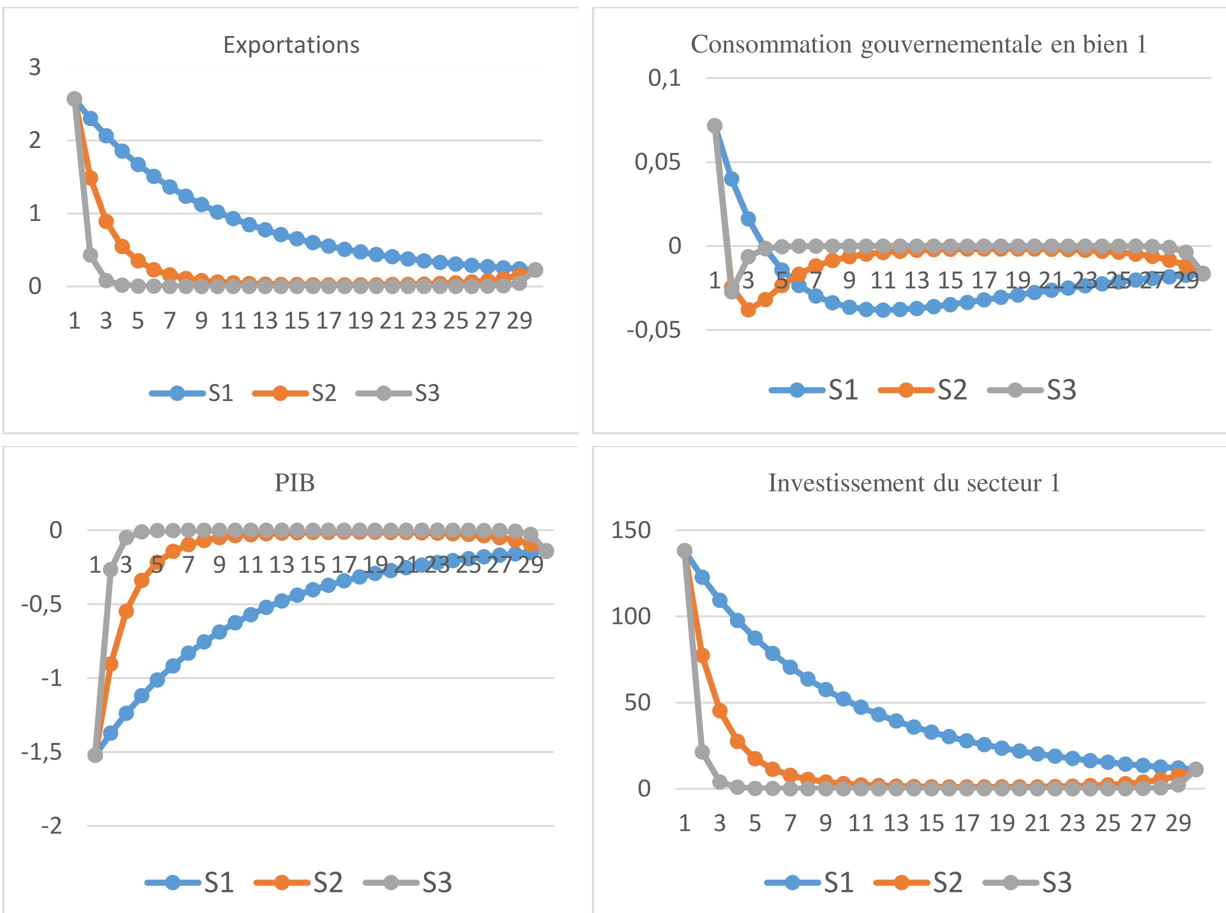
- Si $|\xi_0| < 1 \; et \; \aleph > 1$, il y a convergence si $|\xi_t\aleph| < 1$. Ainsi, $\lim\limits_{t\to+\infty} |\xi_t\aleph| = 0$
- Si $|\xi_0| < 1 \; et \; \aleph > 1$, il y a divergence si $|\xi_t\aleph| > 1$. Ainsi, $\lim\limits_{t\to+\infty} |\xi_t\aleph| = \pm\infty$
- Si $|\xi_0| < 1 \; et \; \aleph < 1$, il y a convergence
- Si $|\xi_0| > 1 \; et \; \aleph < 1$, il y a convergence si $|\xi_t\aleph| < 1$. Ainsi, $\lim\limits_{t\to+\infty} |\xi_t\aleph| = 0$
- Si $|\xi_0| > 1 \; et \; \aleph > 1$, il y a divergence.
- Si $\aleph = 1$, on obtient la convergence à coefficient constant

5 Simulations et commentaire des résultats

La simulation peut se faire de trois manières : soit dès l'année de base, soit à intervalles de temps constants ou variables, soit après un certain nombre de périodes. Les figures 1 et 2 illustrent les résultats exprimés en pourcentage sur toute la période fixée à 30 ans. Une description de la mise en œuvre de la simulation après un certain nombre de périodes et même sur des années spécifiques est fournie dans les codes GAMS en annexe. Elle est donnée en commentaire (soit sur des lignes qui débutent par étoile, soit entre les commandes $ontext et $offtext). Quatre variables sont choisies notamment, la consommation publique en produit 1, l'investissement du secteur 1, les exportations du secteur 1 et le PIB[4]. Ces résultats correspondent à l'impact de l'annulation complète du tarif douanier. L'état de croissance équilibrée correspond au coefficient de convergence $\xi_0 = 1$;

Pour ce qui est de la figure 1, elle correspond aux résultats de la convergence pour $|\xi_t \aleph| = 0{,}9$. Trois scénarios sont testés. Le premier (S1) correspond à $\xi_t = 0{,}875 \; et \; \aleph = 1{,}001$, le deuxième scénario (S2) correspond à $\xi_t = 0{,}552 \; et \; \aleph = 1{,}017$, le troisième scénario (S3) correspond à $\xi_t = 0{,}149 \; et \; \aleph = 1{,}064$. Il ressort de ce graphique que plus le coefficient de convergence est petit, et plus grande est la vitesse de convergence. Alors qu'il faut plus de 30 ans pour le scénario S1 pour voir les variables converger, il en faut moins de 10 pour le scénario S3. Le choix des paramètres doit toutefois être guidé par des facteurs d'ordre structurel propres à l'économie étudiée pour coller au mieux à la réalité.

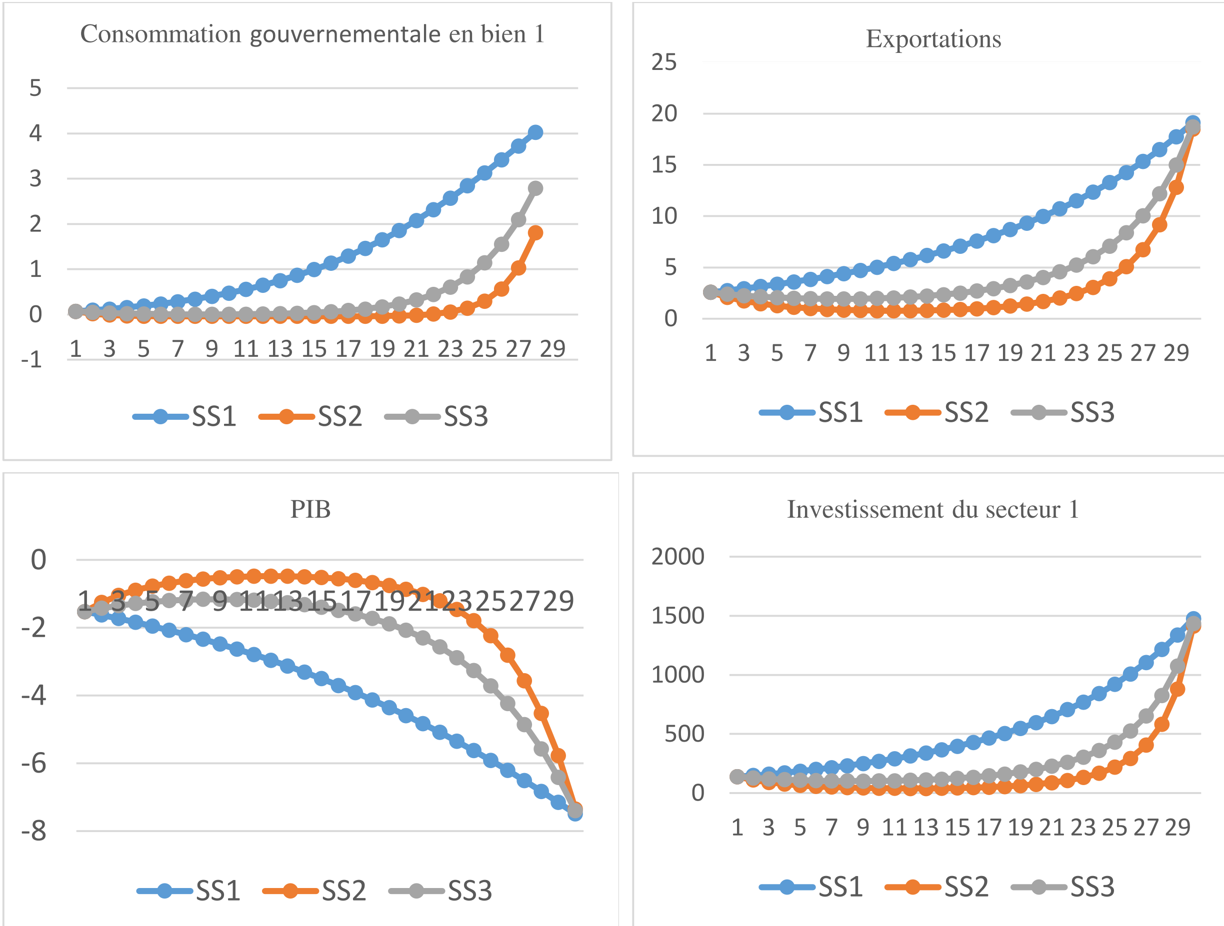
Figure 1 : convergence pour $|\xi_t \aleph| = 0{,}9$



Quant à la figure 2, elle correspond aux résultats de la convergence pour $|\xi_t \aleph| = 1{,}05$. Trois scénarios sont également testés. Le premier (SS1) correspond à $\xi_t = 1{,}05 \; et \; \aleph = 1$, le deuxième scénario (SS2) correspond à $\xi_t = 0{,}786 \; et \; \aleph = 1{,}01$, le troisième scénario (SS3) correspond à $\xi_t = 0{,}908 \; et \; \aleph = 1{,}005$. On est en face d'une situation de divergence des variables. Il ressort de ce graphique que plus le coefficient de convergence est petit, et plus importante est la variabilité autour du sentier de la croissance équilibrée. A l'état SS2 qui correspond à la plus petite valeur de ξ_t, on a une évolution soit compacte soit convexe avec des extrema plus visibles.

[4] Vous pouvez reproduire l'intégralité desdits résultats en copiant les codes GAMS fournis en annexe

Graphique 2 : convergence pour $|\xi_t \aleph| = 1,05$



Conclusion

Nous nous sommes proposé dans cet article de développer une approche simplifiée de la modélisation dynamique en équilibre général calculable avec une application sur une économie fictive programmée dans le logiciel GAMS. Une description du modèle statique avec en toile de fond la procédure d'élaboration de la matrice de comptabilité sociale a été faite en premier. La simplicité de cette matrice réside dans la possibilité qu'elle offre à exploiter la base de données Eora database qui fournit les données entrée sorties sur 190 pays dans le monde et offre par l'occasion la possibilité de mener des études sur plusieurs pays (modèle bilatéral, modèle régional, etc.). Après ce développement, l'étude s'est focalisée sur deux approches de convergence dynamique : nous avons ainsi défini un paramètre de convergence qui permet de distinguer la convergence statique de la convergence dynamique. Nous montrons que le choix de l'une ou de l'autre technique doit se faire en respect de certaines caractéristiques structurelles propres à l'économie étudiée.

Références

Cardenete, M. A., Guerra, A.-I., et Sancho, F. (2017). Applied general equilibrium. Springer, Second Edition.

Caron, J. (2014). Going from static to dynamic CGE models. Global change, EPPA workshop http://globalchange.mit.edu/

Decaluwé, B., Martens, A., Savard, L., and Aupelf-Uref. (2001). La politique économique du développement et les modèles d'équilibre général calculable : Une introduction à l'application de l'analyse mésoéconomique aux pays en développement. Presses de l'Université de Montréal, in French.

Goodwin R.M. (1948), Secular and cyclical aspects of the multiplier and accelerator, in 'Income, employment and public policy'. Norton New-York.

Hosoe, N., Gasawa, K., et Hashimoto, H. (2010). Textbook of computable general equilibrium modeling: programming and simulations. Springer.

Kalecki (1935). Macroeconomic theory of business cycles, Econometrica, 3.

Mbanda, V and Chitiga-Mabugu, M. (2017). Growth and employment impacts of public economic infrastructure investment in South Africa: A dynamic CGE analysis. Journal of Economic and Financial Sciences, 10(2), 235-252.

Palsev, S. (2004). Moving from static to dynamic general equilibrium economic models: Notes for a beginner in MPSGE. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge. (Technical note series no. 4).

Smith, N., McDonald, G., Harvey, E. (2016). Dynamic Economic Model A technical report prepared under the Economics of Resilient Infrastructure Programme. Market Economics Limited; Takapuna, Auckland.

Annexe du modèle

List des variables

Variables	**Description**	**Tot**
	Liste de variables endogènes	
$Z_{i,j,t}$	Consommation intermédiaire des branches	480
$X_{i,t}$	Output sectoriel	60
$VA_{i,t}$	Valeur ajoutée sectorielle	60
$F_{k,t}$	Dotation du ménage en facteur k	60
$Cp_{h,i,t}$	Consommation du produit i par le ménage h	120
$Cg_{i,t}$	Consommation du produit i par le gouvernement	60
$INV_{i,t}$	Investment sectoriel	60
$TX_{i,t}$	Taxe indirecte sur le produit i	60
$EX_{i,t}$	Exportations sectorielles	60
$M_{i,t}$	Importations sectorielles	60
$D_{i,t}$	Demande domestique en produit i	60
$Q_{i,t}$	Demande composite en produit i	60
$TM_{i,t}$	Tarif à l'importation sur le produit i	60
$P_{i,t}$	Prix d'acquisition des biens et services	60

$Pva_{i,t}$	Prix de la valeur ajoutée des biens et services	60
$Px_{i,t}$	Prix au producteur du produit i	60
$Pd_{i,t}$	Prix domestique du produit i	60
$Pe_{i,t}$	Prix à l'exportation des biens et services	60
$PWM_{i,t}$	Prix mondial à l'importation du produit i	60
$r_{i,t}$	Prix d'acquisition d'une unité de capital dans la branche i	60
$Yp_{h,t}$	Revenue du ménage h	60
$Sp_{h,t}$	Epargne du ménage h	60
$UU_{h,t}$	Utilité du ménage h	60
$EV_{h,t}$	Variation équivalente du ménage h	60
$CV_{h,t}$	Variation compensatoire du ménage h	60
Yg_t	Revenue du gouvernement	30
Sg_t	Epargne du gouvernement	30
Sf_t	Solde du compte courant	30
GDP_t	PIB au prix de base	30
$Invdyn_t$	Investissement total	30
	Nombre total de variables endogènes	**1770**
	Numéraire	
W_t	Prix d'acquisition d'une unité de main d'œuvre	30
	Variables exogènes	
$FF_{k,j,t}$	Facteur k employé dans le secteur j	120
ε_t	Taux de change	30
$Pm_{i,t}$	Prix local du produit i importé	60
$PWE_{i,t}$	Prix mondial des biens et services exportés	60
	Nombre total de variables exogènes	**270**
Total		**2040**

Liste des paramètres

Paramètres	**Description**
$A_{i,j,t}$	Coefficient technique (fonction Leontief)
$\tau m_{i,t}$	Taux du tarif à l'importation

$\tau x_{i,t}$	Taux de la taxe indirecte sur l'output i
$\vartheta_{h,t}$	Part de la consommation du ménage dans le total
$\alpha_{i,t}$	Elasticité de la demande de facteur dans la branche i
$\beta_{h,i,t}$	Elasticité de la demande de produit i
$\gamma_{i,t}$	Coefficient technologique de la fonction d'importation de type CES
$\lambda_{i,t}$	Part de l'épargne totale utilisée dans l'investissement du secteur i
$\delta m_{i,t}$	Paramètre d'échelle de la fonction d'importations, substitution Armington
$\delta e_{i,t}$	Paramètre d'échelle de la fonction de transformation, substitution Armington
$Ssp_{h,t}$	Part du revenu destinée à l'épargne des ménages
Ssg_t	Part du revenu destinée à l'épargne du gouvernement
$S_{i,t}$	Coefficient technologique, fonction de la valeur ajouté de type Cobb Douglas
$B_{i,t}$	Coefficient technologique, fonction de production de type CES
$AII_{j,t}$	Coefficient de la valeur ajoutée dans l'output total
$\varphi_{i,t}$	Elasticité de substitution de la fonction d'exportation
$\rho_{i,t}$	Elasticité de substitution de la fonction d'importation

Liste d'équations

Nomenclature	**Equations**	**Tot**
Consumption intermédaire	$Z_{i.j,t} = A_{i.j,t}.X_{j,t}$	120
Output sectoriel	$X_{i,t} = B_{i,t}.\left[\delta e_{i,t}\,.EX_{i,t}{}^{\varphi_{i,t}} + \left(1-\delta e_{i,t}\right)D_{i,t}{}^{\varphi_{i,t}}\right]^{\frac{1}{\varphi_{i,t}}}$	60
Valeur ajoutée	$VA_{j,t} = S_{j,t}.FF_{LD.j,t}{}^{\alpha_{i,t}}.FF_{KD.j,t}{}^{(1-\alpha_{i,t})}$	60
Demande de travail	$FF_{LD.j,t} = \frac{\alpha_i}{W_t}PVA_{j,t}.VA_{j,t}$	60
Demande de capital	$FF_{KD.j,t} = \frac{1-\alpha_{i,t}}{r_{i,t}}PVA_{j,t}.VA_{j,t}$	60
Revenue du ménage	$Yp_{h,t} = \vartheta_{h,t}.\sum_j PVA_{j,t}.VA_{j,t}$	60
Revenu gouvernemental	$Yg_t = \sum_i TX_{i,t}$	30
Epargne du ménage	$Sp_{h,t} = ss_{p,t}.Yp_{h,t}$	60
Epargne gouvernementale	$Sg_t = ssg_t.Yg_t$	30

Consommation du ménage	$Cp_{h.i,t} = \frac{\beta_{h.i,t}}{P_{i,t}} Yp_{h,t}$	120
Consommation publique	$Cg_{i,t} = \frac{\mu_{i,t}}{P_{i,t}} Yg_t$	60
Taxe indirecte	$TX_{i,t} = \tau x_{i,t}.X_{i,t}.P_{i,t}$	60
Investissement sectoriel	$Inv_{i,t} = \frac{\lambda_{i,t}}{P_{i,t}}\left(\sum_h Sp_{h,t} + Sg_t + \varepsilon_t.Sf_t\right)$	60
Exportations sectorielles	$EX_{i,t} = \left[\frac{B_{i,t}{}^{\varphi_{i,t}}.\delta e_{i,t}.Px_{i,t}\left(1+\tau x_{i,t}\right)}{Pe_{i,t}}\right]^{\frac{1}{1-\varphi_{i,t}}}.X_{i,t}$	60
Importations sectorielles	$M_{i,t} = \left[\frac{\gamma_{i,t}{}^{P_{i,t}}.\delta m_{i,t}.P_{i,t}}{\left(1+\tau m_{i,t}\right).Pm_{i,t}}\right]^{\frac{1}{1-\rho_{i,t}}}.Q_{i,t}$	60
Demande composite	$Q_{i,t} = [\delta m_{i,t}.M_{i,t}{}^{\rho_{i,t}} + (1-\delta m_{i,t}).D_{i,t}{}^{\rho_{i,t}}]^{\frac{1}{\rho_{i,t}}}$	60
Demande domestique	$D_{i,t} = \left[\frac{B_{i,t}{}^{\varphi_{i,t}}.(1-\delta e_{i,t}).Px_{i,t}\left(1+\tau x_{i,t}\right)}{Pd_{i,t}}\right]^{\frac{1}{1-\varphi_{i,t}}}.X_{i,t}$	60
Tarif à l'importation	$TM_{i,t} = \tau m_{i,t}.M_{i,t}$	60
Prix au producteur	$Px_{j,t} = AII_{j,t}.PVA_{j,t}.+\sum_i P_{j,t}.A_{i.j,t}$	60
Prix à l'importation	$Pm_{i,t} = Pwm_{i,t}.\varepsilon_t$	60
Prix à l'exportation	$Pe_{i,t} = Pwe_{i,t}.\varepsilon_t$	60
Prix domestique des produits	$Pd_{i,t} = \frac{\left[P_{i,t}Q_{i,t} - Pm_{i,t}M_{i,t}\left(1+\tau m_{i,t}\right)\right]}{Q_{i,t}}$	60
Investissement total	$Invdyn_t = \sum_i Inv_{i,t}$	30
PIB	$GDP_t = \sum_j PVA_{j,t}.VA_{j,t} + \sum_j TX_{j,t}$	30
Utilité	$UU_{h,t} = \prod_i Cp_{h.i,t}{}^{\beta_{h.i,t}}$	60
Variation équivalente	$EV_{h,t} = Yp_{h,t}\prod_i\left(\frac{p0_{i,t}}{p_{i,t}}\right)^{\beta_{h.i,t}} - Yp0_{h,t}$	60
Variation compensatoire	$CV_{h,t} = Yp0_{h,t}\prod_i\left(\frac{p_{i,t}}{p0_{i,t}}\right)^{\beta_{h.i,t}} - Yp_{h,t}$	60
	Equilibres	

Equilibre sur le marché des biens et services	$X_{i,t}(1+\tau x_{i,t})+M_{i,t}=Q_{i,t}+EX_{i,t}$	60
Equilibre sur le marché des facteurs	$F_{k,t}=\sum_{j} FF_{k.j,t}$	60
Balance du compte courant	$\sum_{i} Pwm_{i,t}.M_{i,t}=Sf_t+\sum_{i} Pwe_{i,t}.EX_{i,t}$	30
	Nombre total d'équations	**1770**

Annexe 2 Code GAMS pour la convergence constante

```
$title Application of a simple recursive dynamic CGE model
*This programme is provided by Rodrigue N Tchoffo, Phd in Economics
*University of Dschang, Cameroon

option limRow = 230, limCol = 275;
option decimals=4;

SET u       SAM accounts              / A1,A2,LD,KD,HH,ISBN,G,ROW,ACC, TOT/
    i(u)    Activities                / A1,A2 /
    h(u)    Private agents            / HH      Households
                                        ISBN    Non-profit Institutions /
    k(u)    Factor endowment          / LD, KD /
    t       Time horizon              / 1*30  /
    Sim(t)  Specific years            / 1,10,20,30 /
    T2(t)   First decade              / 1*10 / ;

alias(u,v);
alias(i,j);
alias(H, Nh);

parameter
Z0(i,j,t)       Intermediate consumption
X0(j,t)         Output production
F0(k,t)         Total supply of factor k
A(i,j,t)        Technical coefficient
VA0(j,t)        Value added
Cp0(h,J,t)      Consumption of good j by private agent h
FF0(k,j,t)      Factor k used in sector j
Cg0(i,t)        Government consumption
EX0(i,t)        Exports of good i
M0(i,t)         Imports of good i
Q0(i,t)         Composite output in sector i
D0(i,t)         Domestic demand of good i
TX0(i,t)        Tax on product i
INV0(i,t)       Investment of sector i
TM0(i,t)        Import tariff on good i
taum(i,t)       Import rate tariff on good i
taux(i,t)       Indirect tax rate on good i collected on output x
```

```
Sf0(t)          Foreign savings
Yp0(h,t)        Income of private agent h
Yg0(t)          Government income
Sp0(h,t)        Savings of private agent h
Sg0(t)          Government Savings
Cp0(h,j,t)      Consumption of good i by private agent h
Cg0(i,t)        Government expenditures in good i
GDP0(t)         GDP in the production optic
UU0(h,t)        Household utility
theta(h,t)      Share of households consumption in the total
div             Scale parameter of SAM
conver          Convergence parameter for the dynamic
gdy             Rate of labour
;
gdy             = 0.02 ;
conver          = 1 ;
```

Table SAM(u,v) Social accounting matrix

	A1	A2	LD	KD	HH	ISBN	G	ROW	ACC	TOT
A1	40	15			10	5	20	10	10	110
A2	25	35			15	10	15	20	-5	115
LD	10	20								30
KD	15	10								25
HH			18.75	15.625						34.375
ISBN			11.25	9.375						20.625
G	5	10								15
ROW	15	25								40
ACC					9.375	5.625	-20	10		5
TOT	110	115	30	25	34.375	20.625	15	40	5	

;

Table PRO(*,j) Import tariff rate

	A1	A2
taum	0.158	0.052

;

```
div             = 1E1 ;
SAM(u,v)        = SAM(u,v)/div ;

Cp0(h,J,t)      = SAM(J, h)*(conver*(1+ gdy))**(ord(t)- 1)  ;
FF0(k,j,t)      = SAM(k,j)*(conver*(1+ gdy))**(ord(t)- 1)  ;
Z0(i,j,t)       = SAM(i,j)*(conver*(1+ gdy))**(ord(t)- 1)  ;
Cg0(i,t)        = SAM(i,'G') *(conver*(1+ gdy))**(ord(t)- 1)  ;
EX0(i,t)        = SAM(i,'row')*(conver*(1+ gdy))**(ord(t)- 1)  ;
M0(i,t)         = SAM('row', i)*(conver*(1+ gdy))**(ord(t)- 1)  ;
TX0(i,t)        = SAM('G', i)*(conver*(1+ gdy))**(ord(t)- 1) ;
INV0(i,t)       = SAM(i,'acc')*(conver*(1+ gdy))**(ord(t)- 1) ;
VA0(j,t)        = Sum(k, FF0(k,j,t));
X0(j,t)         = sum(i,Z0(i,j,t)) + VA0(j,t) ;
F0(k,t)         = SAM('tot',k)*(conver*(1+ gdy))**(ord(t)- 1);
A(i,j,t)        = Z0(i,j,t)/X0(j,t);
Yg0(t)          = sum(j, Tx0(j,t)) ;
```

```
Yp0(h,t)          = sum(k, SAM(h,k))*(conver*(1+ gdy))**(ord(t)- 1);
Sp0(h,t)          = SAM('acc',h)*(conver*(1+ gdy))**(ord(t)- 1) ;
Sg0(t)            = SAM('acc','g')*(conver*(1+ gdy))**(ord(t)- 1) ;
Sf0(t)            = SAM('acc','row')*(conver*(1+ gdy))**(ord(t)- 1) ;
taum(i,t)          = Pro('taum', i)*(conver*(1+ gdy))**(ord(t)- 1);
taux(i,t)         = Tx0(i,t)/X0(i,t) ;
TM0(i,t)          = taum(i,t)*M0(i,t);
D0(i,t)           = (1+taux(i,t))*X0(i,t) - EX0(i,t);
Q0(i,t)           = D0(i,t) + M0(i,t)*(1+taum(i,t));
theta(h,t)        = Yp0(h,t)/sum(nh,Yp0(nh,t));

Display Z0,Cp0,Sf0,FF0,M0,EX0,TX0,D0,Q0,INV0,VA0,X0,F0
Sp0,Sg0,Yg0,Yp0,theta,TM0,Cg0;

Parameter
Ssp(h,t)          Share of income for private savings
Ssg(t)            Share of income for the Government savings
beta(h,i,t)       Share of income consumed by the household in good i
mu(i,t)           Share of Government revenue consumed in good i
Tmx(i,t)          Share of indirect tax on total output
alpha(i,t)        Elasticity of the demand factor in sector i
lambda(i,t)       Share of total savings used in investment
B(i,t)            Technological coefficient of the CES production function (Armington)
Gamma(i,t)        Technological coefficient of the CES Importation function (Armington)
deltam(i,t)       Share parameter of Armington substitution import function
deltae(i,t)       Share parameter of Armington substitution export function
phi(i,t)          Elasticity of substitution of exportation function
rho(i,t)          Elasticity of substitution of importation function
S(i,t)            Technological coefficient Cobb Douglas VA function
Aii(j,t)          Value added coefficient in total output
;

Ssp(h,t)          = Sp0(h,t)/Yp0(h,t);
Ssg(t)            = Sg0(t)/Yg0(t);
beta(h,i,t)       = Cp0(h,i,t)/Yp0(h,t) ;
mu(i,t)           = Cg0(i,t)/Yg0(t) ;
alpha(i,t)        = FF0('Ld', i,t)/VA0(i,t);
lambda(i,t)       = INV0(i,t)/(sum(h,Sp0(h,t)) + Sg0(t) + sf0(t));
S(i,t)            = VA0(i,t)/(FF0('Ld', i,t)**alpha(i,t)*FF0('kd', i,t)**(1-alpha(i,t))) ;
Aii(j,t)          = VA0(j,t)/ X0(j,t);
Phi(i,t)          = 0.3;
Rho(i,t)          = 0.3;
Deltae(i,t)       = EX0(i,t)**(1-phi(i,t))/(EX0(i,t)**(1-phi(i,t)) + D0(i,t)**(1-phi(i,t)));
Deltam(i,t)       = (1+taum(i,t))*M0(i,t)**(1-rho(i,t))/((1+taum(i,t))*M0(i,t)**(1-rho(i,t)) + D0(i,t)**(1-rho(i,t)));
B(i,t)            = X0(i,t)/(deltae(i,t)*EX0(i,t)**phi(i,t) + (1 - deltae(i,t))*D0(i,t)**phi(i,t))**(1/phi(i,t));
gamma(i,t)        = Q0(i,t)/(deltam(i,t)*M0(i,t)**rho(i,t) + (1 - deltam(i,t))*D0(i,t)**rho(i,t))**(1/rho(i,t));
GDP0(t)           = Sum(j, VA0(j,t) + Tx0(j,t));
UU0(h,t)          = prod(i, Cp0(h,i,t)**(beta(h,i,t)));

Display theta,alpha,Aii,S,Ssp,Ssg,beta,
mu,deltae,deltam,B,Gamma,UU0,GDP0;
*======================For dynamic============================
```

```
Parameter
Invdyn0(t)        Initial investment
deltady           Capital rate of return
rhody             Earnings rate of capital
;
Invdyn0(t)        = Sum(i, Inv0(i,t));
deltady           = 0.01 ;
rhody             = F0('kd', '1')*((1+gdy)*conver + deltady -1)/ Invdyn0('1') ;
display Invdyn0,rhody;

Variable
Z(i,j,t)          Intermediate consumption
X(j,t)            Output production
F(k,t)            Demand consumption for households
VA(j,t)           Value added
FF(k,j,t)         Factor k used in sector j
Yp(h,t)           Income of private agent h
Yg(t)             Government revenue
Sp(h,t)           Savings of private agent h
Sg(t)             Government Savings
Cp(h,j,t)         Consumption of good i by private agent h
Cg(i,t)           Government expenditures in good i
Tx(i,t)           Indirect tax on product i
Inv(i,t)          Investment of sector i
EX(i,t)           Exports of good i
M(i,t)            Imports of good i
Q(i,t)            Composite output in sector i
D(i,t)            Domestic demand of good i
TM(i,t)           Import tariff on good i
GDP(t)            GDP in production optic
p(i,t)            Composite output of good i
px(i,t)           Producer prix on good i
pva(i,t)          Value added price of good i
pm(i,t)           Import price of good i
pe(i,t)           Export price of good i
pd(i,t)           Domestic price of good i
w(t)              Labour price
r(i,t)            Capital price of good i
epsilon           Exchange rate
pwe(i,t)          World exported price of good i
pwm(i,t)          World imported price of good i
Sf(t)             Foreign savings
UU(h,t)           Household utility
Ev(h,t)           Equivalent variation for household h
Cv(h,t)           Compensatory variation for household h
Invdyn(t)         Initial investment
;

Equation
EqZ(i,j,t)        Intermediate consumption
EqX(i,t)          Output production
EqVA(j,t)         Value added
```

```
EqFF(k,j,t)         Labour Factor used in sector j
EqFFC(k,j,t)        Capital Factor used in sector j
EqYp(h,t)           Income of private agent h
EqYg(t)             Government income
EqSp(h,t)           Savings of private agent h
EqSg(t)             Government Savings
EqCp(h,i,t)         Consumption of good i by private agent h
EqCg(i,t)           Government expenditures in good i
EqTx(i,t)           Tax on product i
Eqp(i,t)            Good and services market equilibrium
EqEX(i,t)           Exports of good i
EqM(i,t)            Imports of good i
EqQ(i,t)            Composite output in sector i
EqD(i,t)            Domestic demand of good i
EqGDP(t)            GDP in production optic
Eqpx(j,t)           Output price of good j
Eqpm(i,t)           Import price of good i
Eqpe(i,t)           Export price of good i
Eqinv(i,t)          Investment of sector i
EqSf(t)             Foreign savings
Eqpd(i,t)           Domestic price of good i
EqTM(i,t)           Import tariff on good i
EqF(k,t)            Equilibrium on the factor market
EqUU(h,t)           Household utility
eqvar(h,t)          Equivalent variation for household h
eqCV(h,t)           Compensatory variation
EqInvdyn(t)         Initial investment
;

EqZ(i,j,t)..         Z(i,j,t)     =E= A(i,j,t)*X(j,t) ;
EqX(i,t)..           X(i,t)       =E= B(i,t)*(deltae(i,t)*EX(i,t)**phi(i,t) + (1 - deltae(i,t))*D(i,t)**phi(i,t))**(1/phi(i,t));
EqVA(j,t)..          VA(j,t)      =E=  S(j,t)*(FF('Ld', j,t)**alpha(j,t)*FF('kd', j,t)**(1-alpha(j,t))) ;
EqFF('Ld',j,t)..     w(t)*FF('Ld',j,t)     =E= alpha(j,t)*pva(j,t)*VA(j,t);
EqFFC('kd',j,t)..    r(j,t)*FF('kd',j,t)   =E= (1-alpha(j,t))*pva(j,t)*VA(j,t);
EqYp(h,t)..          Yp(h,t)      =E= theta(h,t)*sum(i, pva(i,t)*va(i,t))  ;
EqYg(t)..            Yg(t)        =E=  sum(i, Tx(i,t))  ;
EqSp(h,t)..          Sp(h,t)      =E=  Ssp(h,t)*Yp(h,t) ;
EqSg(t)..            Sg(t)        =E=  Ssg(t)*Yg(t) ;
EqCp(h,i,t)..        Cp(h,i,t)*p(i,t)     =E= beta(h,i,t)*Yp(h,t) ;
EqCg(i,t)..          Cg(i,t)*p(i,t)       =E= mu(i,t)*Yg(t) ;
EqTx(i,t)..          Tx(i,t)      =E= Taux(i,t)*X(i,t)*px(i,t) ;
Eqinv(i,t)..         p(i,t)*INV(i,t)      =E= lambda(i,t)*(sum(h,Sp(h,t)) + epsilon(t)*Sf(t) + sg(t));
*========================International trade=========================
EqEX(i,t)..          EX(i,t)      =E=  (B(i,t)**phi(i,t)*deltae(i,t)*px(i,t)*(1+taux(i,t))/pe(i,t))**(1/(1 - phi(i,t)))*X(i,t)  ;
EqM(i,t)..           M(i,t)=E=(gamma(i,t)**rho(i,t)*deltam(i,t)*p(i,t)/((1+taum(i,t))*pm(i,t)))**(1/(1-rho(i,t)))*Q(i,t) ;
EqQ(i,t)..           Q(i,t) =E=gamma(i,t)*(deltam(i,t)*M(i,t)**rho(i,t) + (1-deltam(i,t))*D(i,t)**rho(i,t))**(1/rho(i,t))  ;
EqD(i,t)..           D(i,t)  =E=  ((B(i,t)**phi(i,t)*(1-deltae(i,t))*px(i,t)*(1+taux(i,t)))/pd(i,t))**(1/(1 - phi(i,t)))*X(i,t)  ;
EqTM(i,t)..          Tm(i,t)      =E= taum(i,t)*M(i,t);
Eqpx(j,t)..          Px(j,t)      =E= Aii(j,t)*pva(j,t) + sum(i, A(i,j,t)*p(j,t));
Eqpm(i,t)..          pm(i,t)      =E= pwm(i,t)*epsilon(t);
Eqpe(i,t)..          pe(i,t)      =E= pwe(i,t)*epsilon(t);
Eqpd(i,t)..          Pd(i,t)      =E= (P(i,t)*Q(i,t) - pm(i,t)*M(i,t)*(1+taum(i,t)))/D(i,t);
```

```
Eqp(i,t)..          px(i,t)*X(i,t)*(1+ taux(i,t)) + pm(i,t)*M(i,t) =E= sum(h, p(i,t)*Cp(h,i,t)) + p(i,t)*(Cg(i,t) + Inv(i,t)
+ Ex(i,t) + sum(j, Z(i,j,t))) ;
EqSf(t)..           Sf(t) + sum(i, Pwe(i,t)*EX(i,t))   =E=  sum(i, Pwm(i,t)*M(i,t));
EqGDP(t)..          GDP(t)        =E= sum(j,pva(j,t)*va(j,t) + tx(j,t));
EqF(k,t)..          F(k,t)       =E= Sum(j, FF(k,j,t));
EqUU(h,t)..         UU(h,t)      =E= prod(i, Cp(h,i,t)**beta(h,i,t));
eqvar(h,t)..        Ev(h,t)      =E= yp(h,t)*prod(i,(1/p(i,t))**beta(h,i,t))-yp0(h,t);
eqCV(h,t)..         Cv(h,t)      =E= yp0(h,t)*prod(i, p(i,t)**beta(h,i,t))-yp(h,t);
EqInvdyn(t)..       Invdyn(t)    =E= Sum(i, Inv(i,t));

*=====================Initialization of variables======================
Z.L(i,j,t)          =  Z0(i,j,t);
X.L(j,t)            =  X0(j,t)  ;
VA.l(j,t)           =  VA0(j,t) ;
Yp.l(h,t)           =  Yp0(h,t) ;
Yg.l(t)             =  Yg0(t)    ;
Sp.l(h,t)           =  Sp0(h,t) ;
Sg.l(t)             =  Sg0(t)    ;
Cp.l(h,j,t)         =  Cp0(h,j,t) ;
Inv.l(i,t)          =  Inv0(i,t);
Tx.l(i,t)           =  Tx0(i,t) ;
EX.l(i,t)           =  EX0(i,t) ;
Q.l(i,t)            =  Q0(i,t)  ;
D.l(i,t)            =  D0(i,t)  ;
GDP.l(t)            =  GDP0(t);
p.l(i,t)            =  1 ;
px.l(i,t)           =  1 ;
pva.l(i,t)          =  1 ;
pe.l(i,t)           =  1 ;
pd.l(i,t)           =  1 ;
r.l(i,t)            =  1 ;
Cg.l(i,t)           =  Cg0(i,t)   ;
M.L(i,t)            =  M0(i,t)  ;
TM.L(i,t)           =  TM0(i,t)  ;
Sf.l(t)             =  Sf0(t);
pwm.l(i,t)          =  1 ;
UU.l(h,t)           =  UU0(h,t);
ev.l(h,t)           =  0;
Cv.l(h,t)           =  0;
Invdyn.l(t)         =  Invdyn0(t) ;
*==============================Numeraire===================================
w.FX(t)             =  1 ;
*==========================Exogenous variables===============================
epsilon.fx(t)       =  1 ;
pwe.fx(i,t)         =  1 ;
FF.fx(k,j,t)        =  FF0(k,j,t);
pm.fx(i,t)          =  1 ;
*==========================Section dynamique===============================
F.l('ld', '1')      = F0('ld', '1') ;
loop(t,
F.l('ld', t)$( ord(t) gt 1 )      = F.l('ld', t-1)*conver*(1+gdy)  ;
);
```

```
F.l('kd', '1')          = F0('kd', '1') ;
loop(t,
F.l('kd', t) $( ord(t) gt 1 )      = (F.l('kd', t-1)*(1-deltady) + Rhody*InvDyn.l(t-1))  ;
);
*================================================================================
Model  DYN   /all/;

option NLP=CONOPT4 ;

Solve DYN  Using CNS;

*=======Simulations in this section are applied after a 10 years' period=====
*This is done with respect to the subset T2
taum(i,t)              = taum(i,t)*0 ;
$ontext
The following line applies simulations from year 10 (You will just activate the program)
taum(i,t) $ (t.val gt 10 )    = taum(i,t)*0 ;
An alternative way is the following
loop(t,
taum(i,t) $ (ord(t) gt card(t3) )    = taum(i,t)*0 ;
);
$offtext

$ontext
The following line applies simulations at specific dates (you just need to change
time to the appropriate one in set sim)
*taum(i,sim)        = taum(i,sim)*0 ;
$offtext

Solve DYN  Using CNS;
*====================================END=======================================
*==========================For results in percentage=========================
Parameter
gZ(i,j,t)              Growth of intermediate consumption
gX(j,t)                Growth of sectoral output
gVA(j,t)               Growth of Value added
gYp(h,t)               Growth of income of private agent h
gYg(t)                 Growth of Government income
gF(k,t)                Growth of k' total factor endowment
gSp(h,t)               Growth of savings of private agent h
gSg(t)                 Growth of Government Savings
gCp(h,j,t)             Growth of consumption of good i by private agent h
gCg(i,t)               Growth of Government expenditures in good i
gTx(i,t)               Growth of indirect tax on product i
gInv(i,t)              Growth of investment of sector i
gEX(i,t)               Growth of exports of good i
gM(i,t)                Growth of imports of good i
gQ(i,t)                Growth of composite output in sector i
gD(i,t)                Growth of domestic demand of good i
gGDP(t)                Growth of GDP in production optic
gp(i,t)                Growth of composite price of good i
```

```
gpx(i,t)          Growth of producer prix on good i
gpva(i,t)         Growth of value added price of good i
gpm(i,t)          Growth of import price of good i
gpe(i,t)          Growth of export price of good i
gpd(i,t)          Growth of domestic price of good i
gr(i,t)           Growth of capital price of good i
gSf(t)            Growth of foreign savings
gTM(i,t)          Growth of import tariff on good i
gUU(h,t)          Growth of household utility
;

gZ(i,j,t)         =  100*(Z.l(i,j,t) / Z0(i,j,t) - 1) ;
gX(j,t)           =  100*(X.l(j,t)   / X0(j,t)   - 1) ;
gVA(j,t)          =  100*(VA.l(j,t)  / VA0(j,t)  - 1) ;
gUU(h,t)          =  100*(UU.l(h,t)  / UU0(h,t)  - 1) ;
gZ(i,j,t)         =  100*(Z.l(i,j,t) / Z0(i,j,t) - 1) ;
gX(j,t)           =  100*(X.l(j,t)   / X0(j,t)   - 1) ;
gVA(j,t)          =  100*(VA.l(j,t)  / VA0(j,t)  - 1) ;
gYp(h,t)          =  100*(Yp.l(h,t)  / Yp0(h,t)  - 1) ;
gYg(t)            =  100*(Yg.l(t)    / Yg0(t)    - 1) ;
gSp(h,t)          =  100*(Sp.l(h,t)  / Sp0(h,t)  - 1) ;
gF(k,t)           =  100*(F.l(k,t)   / F0(k,t)   - 1) ;
gSg(t)            =  100*(Sg.l(t)    / Sg0(t)    - 1) ;
gCp(h,j,t)        =  100*(Cp.l(h,j,t)/ Cp0(h,j,t)- 1) ;
gCg(i,t)          =  100*(Cg.l(i,t)  / Cg0(i,t)  - 1) ;
gTx(i,t)          =  100*(Tx.l(i,t)  / Tx0(i,t)  - 1) ;
gInv(i,t)         =  100*(Inv.l(i,t) / Inv0(i,t) - 1) ;
gEX(i,t)          =  100*(EX.l(i,t)  / EX0(i,t)  - 1) ;
gM(i,t)           =  100*(M.l(i,t)   / M0(i,t)   - 1) ;
gTM(i,t)          =  100*(TM.l(i,t)  / TM0(i,t)  - 1) ;
gQ(i,t)           =  100*(Q.l(i,t)   / Q0(i,t)   - 1) ;
gD(i,t)           =  100*(D.l(i,t)   / D0(i,t)   - 1) ;
gGDP(t)           =  100*(GDP.l(t)   / GDP0(t)   - 1) ;
gSf(t)            =  100*(Sf.l(t)    / Sf0(t)    - 1) ;
gp(i,t)           =  100*(p.l(i,t)   - 1) ;
gpx(i,t)          =  100*(px.l(i,t)  - 1) ;
gpva(i,t)         =  100*(pva.l(i,t) - 1) ;
gpm(i,t)          =  100*(pm.l(i,t)  - 1) ;
gpe(i,t)          =  100*(pe.l(i,t)  - 1) ;
gpd(i,t)          =  100*(pd.l(i,t)  - 1) ;
gr(i,t)           =  100*(r.l(i,t)   - 1) ;

execute_unload 'result.gdx',CV,ev,gZ,gX,gVA,gUU,gTm,gX,gYp,gYg, gSp,gSg,
gCp,gCg,gTx,gInv,gF,gEX,gQ,gD,gm,gGDP,gp,gpx,gpva,gpm,gpe,gpd,gr,gSf  ;
execute '=gdx2xls result.gdx RES_SIMEQ.xlsx';
```

Annexe 3 : Code GAMS pour la convergence variable

```
$title Application of a simple recursive dynamic CGE model
*This programme is provided by Rodrigue N Tchoffo, Phd in Economics
*University of Dschang, Cameroon

option limRow = 230, limCol = 275;
```

```
option decimals=4;
SET u       SAM accounts              / A1,A2,LD,KD,HH,ISBN,G,ROW,ACC, TOT/
    i(u)    Activities                / A1,A2 /
    h(u)    Private agents            / HH     Households
                                        ISBN    Non-profit Institutions /
    k(u)    Factor endowment          / LD, KD /
    t       Time horizon              / 1*30  /
    Sim(t)  Specific years            / 1,10,20,30 /
    T2(t)   First decade              / 1*10 / ;

alias(u,v);
alias(i,j);
alias(H, Nh);
parameter
Z0(i,j,t)          Intermediate consumption
X0(j,t)            Output production
F0(k,t)            Total supply of factor k
A(i,j,t)           Technical coefficient
VA0(j,t)           Value added
Cp0(h,J,t)         Consumption of good j by private agent h
FF0(k,j,t)         Factor k used in sector j
Cg0(i,t)           Government consumption
EX0(i,t)           Exports of good i
M0(i,t)            Imports of good i
Q0(i,t)            Composite output in sector i
D0(i,t)            Domestic demand of good i
TX0(i,t)           Tax on product i
INV0(i,t)          Investment of sector i
TM0(i,t)           Import tariff on good i
taum(i,t)          Import rate tariff on good i
taux(i,t)          Indirect tax rate on good i collected on output x
Sf0(t)             Foreign savings
Yp0(h,t)           Income of private agent h
Yg0(t)             Government income
Sp0(h,t)           Savings of private agent h
Sg0(t)             Government Savings
Cp0(h,j,t)         Consumption of good i by private agent h
Cg0(i,t)           Government expenditures in good i
GDP0(t)            GDP in the production optic
UU0(h,t)           Household utility
Invdyn0(t)         Initial investment ;
theta(h,t)         Share of households consumption in the total
div                Scale parameter of SAM
conver(t)          Convergence parameter for the dynamic
Adjust             Adjustment parameter
gdy                Rate of labour
;

gdy                = 0.02 ;
Adjust             = 1.001 ;
conver('1')        = 0.875 ;
loop(t,
```

```
conver(t) $(ord(t) gt 1)    = conver(t-1)*Adjust ;
);

display conver;
Table SAM(u,v)          Social accounting matrix
         A1       A2       LD       KD       HH       ISBN     G        ROW      ACC      TOT
A1       40       15                         10       5        20       10       10       110
A2       25       35                         15       10       15       20       -5       115
LD       10       20                                                                     30
KD       15       10                                                                     25
HH                         18.75    15.625                                               34.375
ISBN                       11.25    9.375                                                20.625
G        5        10                                                                     15
ROW      15       25                                                                     40
ACC                                          9.375    5.625    -20      10               5
TOT      110      115      30       25       34.375   20.625   15       40       5
;

Table PRO(*,j)   Import tariff rate
         A1       A2
taum     0.158    0.052
;

div        = 1E1 ;
SAM(u,v)           = SAM(u,v)/div ;

Cp0(h,J,t)         = SAM(J, h)*(conver(t)*(1+ gdy))**(ord(t)- 1)  ;
FF0(k,j,t)         = SAM(k,j)*(conver(t)*(1+ gdy))**(ord(t)- 1)  ;
Z0(i,j,t)          = SAM(i,j)*(conver(t)*(1+ gdy))**(ord(t)- 1)  ;
Cg0(i,t)           = SAM(i,'G') *(conver(t)*(1+ gdy))**(ord(t)- 1)  ;
EX0(i,t)           = SAM(i,'row')*(conver(t)*(1+ gdy))**(ord(t)- 1)  ;
M0(i,t)            = SAM('row', i)*(conver(t)*(1+ gdy))**(ord(t)- 1)  ;
TX0(i,t)           = SAM('G', i)*(conver(t)*(1+ gdy))**(ord(t)- 1) ;
INV0(i,t)          = SAM(i,'acc')*(conver(t)*(1+ gdy))**(ord(t)- 1) ;
VA0(j,t)           = Sum(k, FF0(k,j,t));
X0(j,t)            = sum(i,Z0(i,j,t)) + VA0(j,t) ;
F0(k,t)            = SAM('tot',k)*(conver(t)*(1+ gdy))**(ord(t)- 1);
A(i,j,t)           = Z0(i,j,t)/X0(j,t);
Yg0(t)             = Sum(j, Tx0(j,t)) ;
Yp0(h,t)           = Sum(k, SAM(h,k))*(conver(t)*(1+ gdy))**(ord(t)- 1);
Sp0(h,t)           = SAM('acc',h)*(conver(t)*(1+ gdy))**(ord(t)- 1) ;
Sg0(t)             = SAM('acc','g')*(conver(t)*(1+ gdy))**(ord(t)- 1) ;
Sf0(t)             = SAM('acc','row')*(conver(t)*(1+ gdy))**(ord(t)- 1) ;
taum(i,t)          = Pro('taum', i)*(conver(t)*(1+ gdy))**(ord(t)- 1);
taux(i,t)          = Tx0(i,t)/X0(i,t) ;
TM0(i,t)           = taum(i,t)*M0(i,t);
D0(i,t)            = (1+taux(i,t))*X0(i,t) - EX0(i,t);
Q0(i,t)            = D0(i,t) + M0(i,t)*(1+taum(i,t));
theta(h,t)         = Yp0(h,t)/sum(nh,Yp0(nh,t));
Invdyn0(t)         = Sum(i, Inv0(i,t));
```

```
Display Z0,Cp0,Sf0,FF0,M0,EX0,TX0,D0,Q0,INV0,VA0,X0,F0
Sp0,Sg0,Yg0,Yp0,theta,TM0,Cg0;

Parameter
Ssp(h,t)          Share of income for private savings
Ssg(t)            Share of income for the Government savings
beta(h,i,t)       Share of income consumed by the household in good i
mu(i,t)           Share of Government revenue consumed in good i
Tmx(i,t)          Share of indirect tax on total output
alpha(i,t)        Elasticity of the demand factor in sector i
lambda(i,t)       Share of total savings used in investment
B(i,t)            Technological coefficient of the CES production function (Armington)
Gamma(i,t)        Technological coefficient of the CES Importation function (Armington)
deltam(i,t)       Share parameter of Armington substitution import function
deltae(i,t)       Share parameter of Armington substitution export function
phi(i,t)          Elasticity of substitution of exportation function
rho(i,t)          Elasticity of substitution of importation function
S(i,t)            Technological coefficient Cobb Douglas VA function
Aii(j,t)          Value added coefficient in total output
;

Ssp(h,t)          = Sp0(h,t)/Yp0(h,t);
Ssg(t)            = Sg0(t)/Yg0(t);
beta(h,i,t)       = Cp0(h,i,t)/Yp0(h,t) ;
mu(i,t)           = Cg0(i,t)/Yg0(t) ;
alpha(i,t)        = FF0('Ld', i,t)/VA0(i,t);
lambda(i,t)       = INV0(i,t)/(sum(h,Sp0(h,t)) + Sg0(t) + sf0(t));
S(i,t)            = VA0(i,t)/(FF0('Ld', i,t)**alpha(i,t)*FF0('kd', i,t)**(1-alpha(i,t))) ;
Aii(j,t)          = VA0(j,t)/ X0(j,t);
Phi(i,t)          = 0.3;
Rho(i,t)          = 0.3;
Deltae(i,t)       = EX0(i,t)**(1-phi(i,t))/(EX0(i,t)**(1-phi(i,t)) + D0(i,t)**(1-phi(i,t)));
Deltam(i,t)       = (1+taum(i,t))*M0(i,t)**(1-rho(i,t))/((1+taum(i,t))*M0(i,t)**(1-rho(i,t)) + D0(i,t)**(1-rho(i,t)));
B(i,t)            = X0(i,t)/(deltae(i,t)*EX0(i,t)**phi(i,t) + (1 - deltae(i,t))*D0(i,t)**phi(i,t))**(1/phi(i,t));
gamma(i,t)        = Q0(i,t)/(deltam(i,t)*M0(i,t)**rho(i,t) + (1 - deltam(i,t))*D0(i,t)**rho(i,t))**(1/rho(i,t));
GDP0(t)           = Sum(j, VA0(j,t) + Tx0(j,t));
UU0(h,t)          = prod(i, Cp0(h,i,t)**(beta(h,i,t)));

Display theta,alpha,Aii,S,Ssp,Ssg,beta,
mu,deltae,deltam,B,Gamma,UU0,GDP0;
*======================For dynamic===========================
Variable
Z(i,j,t)          Intermediate consumption
X(j,t)            Output production
F(k,t)            Demand consumption for households
VA(j,t)           Value added
FF(k,j,t)         Factor k used in sector j
Yp(h,t)           Income of private agent h
Yg(t)             Government revenue
Sp(h,t)           Savings of private agent h
Sg(t)             Government Savings
Cp(h,j,t)         Consumption of good i by private agent h
```

Cg(i,t)	Government expenditures in good i
Tx(i,t)	Indirect tax on product i
Inv(i,t)	Investment of sector i
EX(i,t)	Exports of good i
M(i,t)	Imports of good i
Q(i,t)	Composite output in sector i
D(i,t)	Domestic demand of good i
TM(i,t)	Import tariff on good i
GDP(t)	GDP in production optic
p(i,t)	Composite output of good i
px(i,t)	Producer prix on good i
pva(i,t)	Value added price of good i
pm(i,t)	Import price of good i
pe(i,t)	Export price of good i
pd(i,t)	Domestic price of good i
w(t)	Labour price
r(i,t)	Capital price of good i
epsilon	Exchange rate
pwe(i,t)	World exported price of good i
pwm(i,t)	World imported price of good i
Sf(t)	Foreign savings
UU(h,t)	Household utility
Ev(h,t)	Equivalent variation for household h
Cv(h,t)	Compensatory variation for household h
Invdyn(t)	Initial investment

;

Equation

EqZ(i,j,t)	Intermediate consumption
EqX(i,t)	Output production
EqVA(j,t)	Value added
EqFF(k,j,t)	Labour Factor used in sector j
EqFFC(k,j,t)	Capital Factor used in sector j
EqYp(h,t)	Income of private agent h
EqYg(t)	Government income
EqSp(h,t)	Savings of private agent h
EqSg(t)	Government Savings
EqCp(h,i,t)	Consumption of good i by private agent h
EqCg(i,t)	Government expenditures in good i
EqTx(i,t)	Tax on product i
Eqp(i,t)	Good and services market equilibrium
EqEX(i,t)	Exports of good i
EqM(i,t)	Imports of good i
EqQ(i,t)	Composite output in sector i
EqD(i,t)	Domestic demand of good i
EqGDP(t)	GDP in production optic
Eqpx(j,t)	Output price of good j
Eqpm(i,t)	Import price of good i
Eqpe(i,t)	Export price of good i
Eqinv(i,t)	Investment of sector i
EqSf(t)	Foreign savings
Eqpd(i,t)	Domestic price of good i

```
EqTM(i,t)         Import tariff on good i
EqF(k,t)          Equilibrium on the factor market
EqUU(h,t)         Household utility
eqvar(h,t)        Equivalent variation for household h
eqCV(h,t)         Compensatory variation
EqInvdyn(t)       Initial investment
;

EqZ(i,j,t)..        Z(i,j,t)     =E= A(i,j,t)*X(j,t) ;
EqX(i,t)..          X(i,t)       =E= B(i,t)*(deltae(i,t)*EX(i,t)**phi(i,t) + (1 - deltae(i,t))*D(i,t)**phi(i,t))**(1/phi(i,t));
EqVA(j,t)..         VA(j,t)      =E=  S(j,t)*(FF('Ld', j,t)**alpha(j,t)*FF('kd', j,t)**(1-alpha(j,t))) ;
EqFF('Ld',j,t)..    w(t)*FF('Ld',j,t)    =E= alpha(j,t)*pva(j,t)*VA(j,t);
EqFFC('kd',j,t)..   r(j,t)*FF('kd',j,t)  =E= (1-alpha(j,t))*pva(j,t)*VA(j,t);
EqYp(h,t)..         Yp(h,t)      =E= theta(h,t)*sum(i, pva(i,t)*va(i,t))  ;
EqYg(t)..           Yg(t)        =E=  sum(i, Tx(i,t))  ;
EqSp(h,t)..         Sp(h,t)      =E=  Ssp(h,t)*Yp(h,t) ;
EqSg(t)..           Sg(t)        =E=  Ssg(t)*Yg(t) ;
EqCp(h,i,t)..       Cp(h,i,t)*p(i,t)    =E= beta(h,i,t)*Yp(h,t) ;
EqCg(i,t)..         Cg(i,t)*p(i,t)      =E= mu(i,t)*Yg(t) ;
EqTx(i,t)..         Tx(i,t)      =E= Taux(i,t)*X(i,t)*px(i,t) ;
Eqinv(i,t)..        p(i,t)*INV(i,t)     =E= lambda(i,t)*(sum(h,Sp(h,t)) + epsilon(t)*Sf(t) + sg(t));
EqEX(i,t)..         EX(i,t)      =E=  (B(i,t)**phi(i,t)*deltae(i,t)*px(i,t)*(1+taux(i,t))/pe(i,t))**(1/(1 - phi(i,t)))*X(i,t)  ;
EqM(i,t)..          M(i,t)=E=(gamma(i,t)**rho(i,t)*deltam(i,t)*p(i,t)/((1+taum(i,t))*pm(i,t)))**(1/(1-rho(i,t)))*Q(i,t) ;
EqQ(i,t)..          Q(i,t) =E=gamma(i,t)*(deltam(i,t)*M(i,t)**rho(i,t) + (1-deltam(i,t))*D(i,t)**rho(i,t))**(1/rho(i,t))  ;
EqD(i,t)..          D(i,t)  =E=  ((B(i,t)**phi(i,t)*(1-deltae(i,t))*px(i,t)*(1+taux(i,t)))/pd(i,t))**(1/(1 - phi(i,t)))*X(i,t)  ;
EqTM(i,t)..         Tm(i,t)      =E= taum(i,t)*M(i,t);
Eqpx(j,t)..         Px(j,t)      =E= Aii(j,t)*pva(j,t) + sum(i, A(i,j,t)*p(j,t));
Eqpm(i,t)..         pm(i,t)      =E= pwm(i,t)*epsilon(t);
Eqpe(i,t)..         pe(i,t)      =E= pwe(i,t)*epsilon(t);
Eqpd(i,t)..         Pd(i,t)      =E= (P(i,t)*Q(i,t) - pm(i,t)*M(i,t)*(1+taum(i,t)))/D(i,t);
Eqp(i,t)..          px(i,t)*X(i,t)*(1+ taux(i,t)) + pm(i,t)*M(i,t) =E= sum(h, p(i,t)*Cp(h,i,t)) + p(i,t)*(Cg(i,t) + Inv(i,t)
+ Ex(i,t) + sum(j, Z(i,j,t))) ;
EqSf(t)..           Sf(t) + sum(i, Pwe(i,t)*EX(i,t))   =E=  sum(i, Pwm(i,t)*M(i,t));
EqGDP(t)..          GDP(t)       =E= sum(j,pva(j,t)*va(j,t) + tx(j,t));
EqF(k,t)..          F(k,t)       =E= Sum(j, FF(k,j,t));
EqUU(h,t)..         UU(h,t)      =E= prod(i, Cp(h,i,t)**beta(h,i,t));
Eqvar(h,t)..        Ev(h,t)      =E= yp(h,t)*prod(i,(1/p(i,t))**beta(h,i,t))-yp0(h,t);
EqCV(h,t)..         Cv(h,t)      =E= yp0(h,t)*prod(i, p(i,t)**beta(h,i,t))-yp(h,t);
EqInvdyn(t)..       Invdyn(t)    =E= Sum(i, Inv(i,t));

*====================Initialization of variables=====================
Z.L(i,j,t)          =  Z0(i,j,t);
X.L(j,t)            =  X0(j,t)  ;
VA.l(j,t)           =  VA0(j,t) ;
Yp.l(h,t)           =  Yp0(h,t) ;
Yg.l(t)             =  Yg0(t)   ;
Sp.l(h,t)           =  Sp0(h,t) ;
Sg.l(t)             =  Sg0(t)   ;
Cp.l(h,j,t)         =  Cp0(h,j,t) ;
Inv.l(i,t)          =  Inv0(i,t);
Tx.l(i,t)           =  Tx0(i,t) ;
EX.l(i,t)           =  EX0(i,t) ;
```

```
Q.l(i,t)            =  Q0(i,t)  ;
D.l(i,t)            =  D0(i,t)  ;
GDP.l(t)            =  GDP0(t);
p.l(i,t)            =  1 ;
px.l(i,t)           =  1 ;
pva.l(i,t)          =  1 ;
pe.l(i,t)           =  1 ;
pd.l(i,t)           =  1 ;
r.l(i,t)            =  1 ;
Cg.l(i,t)           =  Cg0(i,t)   ;
M.L(i,t)            =  M0(i,t)  ;
TM.L(i,t)           =  TM0(i,t)  ;
Sf.l(t)             =  Sf0(t);
pwm.l(i,t)          =  1 ;
UU.l(h,t)           =  UU0(h,t);
F.l(k, t)           =  F0(k, t) ;
ev.l(h,t)           =  0;
Cv.l(h,t)           =  0;
Invdyn.l(t)         =  Invdyn0(t) ;

*===============================Numeraire=====================================
w.FX(t)             =  1 ;
*==========================Exogenous variables================================
epsilon.fx(t)       =  1 ;
pwe.fx(i,t)         =  1 ;
FF.fx(k,j,t)        =  FF0(k,j,t);
pm.fx(i,t)          =  1 ;

$ontext
*===========================Section dynamique================================
F.l('ld', '1')           = F0('ld', '1') ;
loop(t,
F.l('ld', t)$( ord(t) gt 1 )       = F.l('ld', t-1)*conver(t)*(1+gdy)  ;
);

F.l('kd', '1')           = F0('kd', '1') ;
loop(t,
F.l('kd', t) $( ord(t) gt 1 )      = (F.l('kd', t-1)*(1-deltady(t)) + Rhody(t)*InvDyn.l(t-1))  ;
);
$offtext
*==========================================================================
Model  DYN   /all/;

option NLP=CONOPT4 ;

Solve DYN  Using CNS;

*=======Simulations in this section are applied after a 10 years' period=====
*This is done with respect to the subset T2
$ontext
The following line applies simulations from year 10 (You will just activate the program)
taum(i,t) $ (t.val gt 10 )                  = taum(i,t)*0 ;
```

```
An alternative way is the following
loop(t,
taum(i,t) $ (ord(t) gt card(t3) )        = taum(i,t)*0 ;
);
$offtext

$ontext
The following line applies simulations at specific dates (you just need to change
time to the appropriate one in set sim)
*taum(i,sim)       = taum(i,sim)*0 ;
$offtext

taum(i,t)          = taum(i,t)*0 ;

Solve DYN   Using CNS;
*====================================END=======================================
*=============================For results in percentage===============================
Parameter
gZ(i,j,t)          Growth of intermediate consumption
gX(j,t)            Growth of sectoral output
gVA(j,t)           Growth of Value added
gYp(h,t)           Growth of income of private agent h
gYg(t)             Growth of Government income
gF(k,t)            Growth of k' total factor endowment
gSp(h,t)           Growth of savings of private agent h
gSg(t)             Growth of Government Savings
gCp(h,j,t)         Growth of consumption of good i by private agent h
gCg(i,t)           Growth of Government expenditures in good i
gTx(i,t)           Growth of indirect tax on product i
gInv(i,t)          Growth of investment of sector i
gEX(i,t)           Growth of exports of good i
gM(i,t)            Growth of imports of good i
gQ(i,t)            Growth of composite output in sector i
gD(i,t)            Growth of domestic demand of good i
gGDP(t)            Growth of GDP in production optic
gp(i,t)            Growth of composite price of good i
gpx(i,t)           Growth of producer prix on good i
gpva(i,t)          Growth of value added price of good i
gpm(i,t)           Growth of import price of good i
gpe(i,t)           Growth of export price of good i
gpd(i,t)           Growth of domestic price of good i
gr(i,t)            Growth of capital price of good i
gSf(t)             Growth of foreign savings
gTM(i,t)           Growth of import tariff on good i
gUU(h,t)           Growth of household utility
;

gZ(i,j,t)          =  100*(Z.l(i,j,t) / Z0(i,j,t) - 1) ;
gX(j,t)            =  100*(X.l(j,t)   / X0(j,t)   - 1) ;
gVA(j,t)           =  100*(VA.l(j,t)  / VA0(j,t)  - 1) ;
gUU(h,t)           =  100*(UU.l(h,t)  / UU0(h,t)  - 1) ;
gZ(i,j,t)          =  100*(Z.l(i,j,t) / Z0(i,j,t) - 1) ;
```

```
gX(j,t)          =  100*(X.l(j,t)   / X0(j,t)   - 1) ;
gVA(j,t)         =  100*(VA.l(j,t)  / VA0(j,t)  - 1) ;
gYp(h,t)         =  100*(Yp.l(h,t)  / Yp0(h,t)  - 1) ;
gYg(t)           =  100*(Yg.l(t)    / Yg0(t)    - 1) ;
gSp(h,t)         =  100*(Sp.l(h,t)  / Sp0(h,t)  - 1) ;
gF(k,t)          =  100*(F.l(k,t)   / F0(k,t)   - 1) ;
gSg(t)           =  100*(Sg.l(t)    / Sg0(t)    - 1) ;
gCp(h,j,t)       =  100*(Cp.l(h,j,t)/ Cp0(h,j,t)- 1) ;
gCg(i,t)         =  100*(Cg.l(i,t)  / Cg0(i,t)  - 1) ;
gTx(i,t)         =  100*(Tx.l(i,t)  / Tx0(i,t)  - 1) ;
gInv(i,t)        =  100*(Inv.l(i,t) / Inv0(i,t) - 1) ;
gEX(i,t)         =  100*(EX.l(i,t)  / EX0(i,t)  - 1) ;
gM(i,t)          =  100*(M.l(i,t)   / M0(i,t)   - 1) ;
gTM(i,t)         =  100*(TM.l(i,t)  / TM0(i,t)  - 1) ;
gQ(i,t)          =  100*(Q.l(i,t)   / Q0(i,t)   - 1) ;
gD(i,t)          =  100*(D.l(i,t)   / D0(i,t)   - 1) ;
gGDP(t)          =  100*(GDP.l(t)   / GDP0(t)   - 1) ;
gSf(t)           =  100*(Sf.l(t)    / Sf0(t)    - 1) ;
gp(i,t)          =  100*(p.l(i,t)   - 1) ;
gpx(i,t)         =  100*(px.l(i,t)  - 1) ;
gpva(i,t)        =  100*(pva.l(i,t) - 1) ;
gpm(i,t)         =  100*(pm.l(i,t)  - 1) ;
gpe(i,t)         =  100*(pe.l(i,t)  - 1) ;
gpd(i,t)         =  100*(pd.l(i,t)  - 1) ;
gr(i,t)          =  100*(r.l(i,t)   - 1) ;

execute_unload 'result.gdx',CV,ev,gZ,gX,gVA,gUU,gTm,gX,gYp,gYg, gSp,gSg,
gCp,gCg,gTx,gInv,gF,gEX,gQ,gD,gm,gGDP,gp,gpx,gpva,gpm,gpe,gpd,gr,gSf  ;
execute '=gdx2xls result.gdx RES_IMVAR_1.7_0.7.xlsx';
```