

NOM :
PRENOM :

Date :
Groupe :

Mathématiques pour la Biologie (semestre 2-2009-2010) : Feuille-réponses du TD 9
Un modèle simplifié du switch génétique

On considère un système de 2 gènes de niveau d'expression x et y respectivement, ayant la dynamique suivante :

$$\begin{cases} x' = f(y) - \lambda x \\ y' = f(x) - \mu y \end{cases} \quad (1)$$

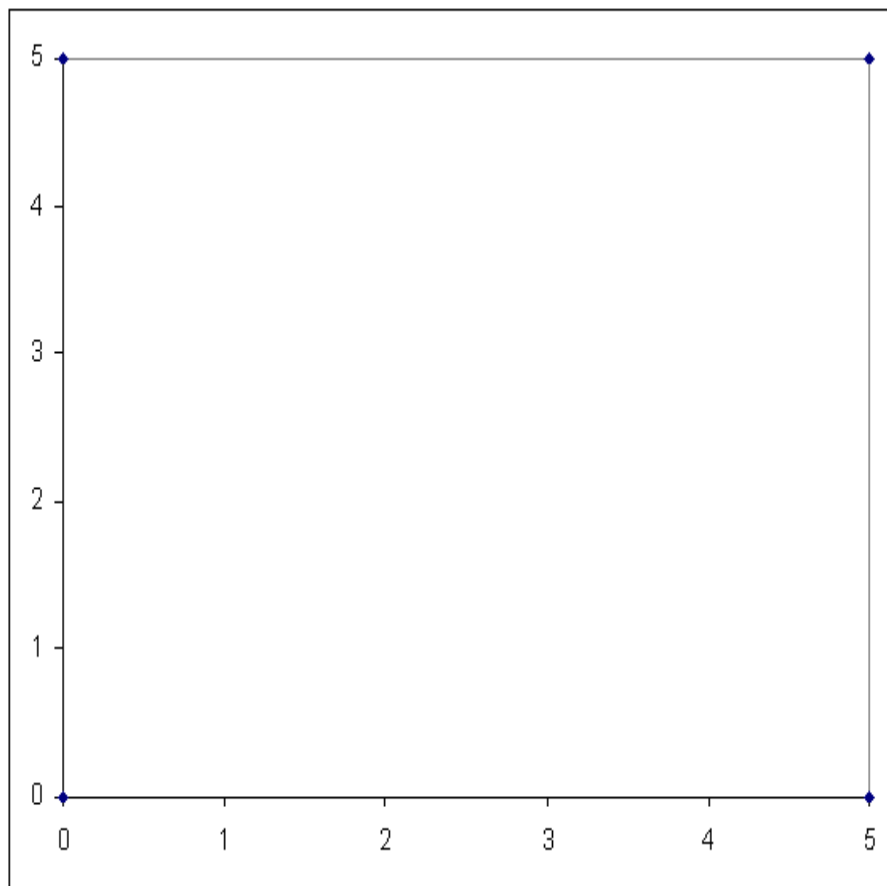
où f est une fonction en escalier qui modélise l'inhibition de chaque gène sur l'autre gène et où λ et μ sont des coefficients de dégradation que l'on supposera égaux à 1 pour simplifier. On suppose que $f(y)$ vaut 5 si $0 \leq y < 1$ et 0 si $1 \leq y < 5$.

1. Indiquer que vaut le système différentiel (1) dans le carré $1 \leq x < 5, 1 \leq y < 5$

$$\begin{cases} x' = \dots\dots\dots \\ y' = \dots\dots\dots \end{cases} \quad (2)$$

2. Vérifier que ses solutions sont de la forme $(x(t) = ce^{-t}$ et $y(t) = de^{-t})$ où c et d sont des constantes.

3. En déduire que les trajectoires sont des droites d'équation $y = \frac{d}{c}x$ et tracer, en restant dans le carré, quelques unes de ces trajectoire ci-dessous.



4. Vérifier que toutes les trajectoires tendent vers le point $(0,0)$ qui est un équilibre de type noeud attractif (appelé le point focal du carré).

5. Indiquer que vaut le système différentiel (1) dans le carré $0 \leq x < 1, 0 \leq y < 1$

$$\begin{cases} x' &= \dots\dots\dots \\ y' &= \dots\dots\dots \end{cases} \quad (3)$$

6. Vérifier que ses solutions sont de la forme $(x(t) = 5 + ce^{-t}$ et $y(t) = 5 + de^{-t})$ où c et d sont des constantes.

7. En déduire que les trajectoires dans ce carré ont aussi un point focal vers lequel elles tendent et tracer, en restant dans le carré, quelques unes de ces trajectoire dans la figure ci-dessus.

8. Reprendre les questions précédentes pour les deux rectangles restant et compléter le tracé des trajectoires dans la figure ci-dessus.

9. On suppose que des perturbations extérieures (comme par exemple une induction chimique ou thermique) font passer le système de l'état initial $(x_0 = 5, y_0 = 4.5)$ à l'état initial $(x_0 = 4.5, y_0 = 5)$. Pensez-vous que ces perturbations modifieront sensiblement l'évolution des deux concentrations $x(t)$ et $y(t)$? Expliquer.

10. Tracer les graphes $t \rightarrow x(t)$ et $t \rightarrow y(t)$ des deux composantes de la trajectoire issue du point $(x_0 = 5, y_0 = 4.5)$.