

Modélisation de la formation de gradients de diffusion dans les embryons

Sascha Dalessi & Prof. Sven Bergmann

Proposition de sujet pour le cours
étude de cas mathématiques appliquées à la biologie

Lausanne, le 25 février 2010

Introduction (1)

Structuration et différenciation dans les embryons ou tissus



Grâce à des **informations graduées** perçues par les cellules et qui vont engendrer leur différenciation



Formation de **gradients de concentration** de molécules appelées **morphogènes**

Exemples :

- Decapentaplegic (Dpp) et hedgehog (Hh), qui participent à la formation des veines dans les ailes des *Drosophiles*.
- Bicoid (Bcd), qui participe à la segmentation dans l'embryon de *Drosophile*.

Introduction (1)

Structuration et différenciation dans les embryons ou tissus



Grâce à des **informations graduées** perçues par les cellules et qui vont engendrer leur différenciation



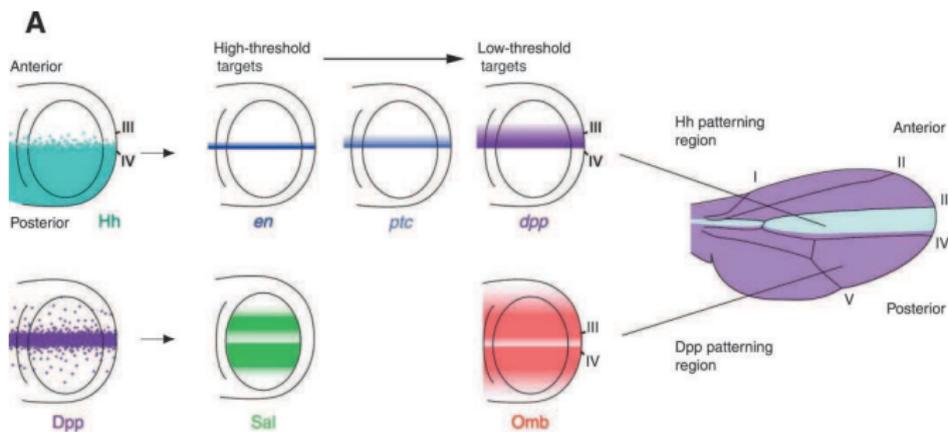
Formation de **gradients de concentration** de molécules appelées **morphogènes**

Exemples :

- Decapentaplegic (Dpp) et hedgehog (Hh), qui participent à la formation des veines dans les ailes des *Drosophiles*.
- Bicoid (Bcd), qui participe à la segmentation dans l'embryon de *Drosophile*.

Introduction (2)

Decapentaplegic (Dpp) et hedgehog (Hh)



Tabata et al. ; Development. 2004 ;131(4) :703-12

Gradients de Dpp et Hh \Rightarrow expression génique \Rightarrow structuration

Introduction (2)

Gradient de Bicoid (Bcd) dans un embryon



Problème à étudier : Formation d'un gradient de Bcd dans un embryon

Formation d'un gradient par diffusion :

Description mathématique : équation de diffusion

$$\frac{\partial}{\partial t}M(x, t) - D\frac{\partial^2}{\partial x^2}M(x, t) + \alpha M(x, t) = S(x, t)$$

- Variation temporelle de concentration
- Diffusion
- Dégradation
- Source (localisée à une extrémité de l'embryon)

Problème à étudier : Formation d'un gradient de Bcd dans un embryon

Formation d'un gradient par diffusion :

Description mathématique : équation de diffusion

$$\frac{\partial}{\partial t}M(x, t) - D\frac{\partial^2}{\partial x^2}M(x, t) + \alpha M(x, t) = S(x, t)$$

- **Variation temporelle de concentration**
- Diffusion
- Dégradation
- Source (localisée à une extrémité de l'embryon)

Problème à étudier : Formation d'un gradient de Bcd dans un embryon

Formation d'un gradient par diffusion :

Description mathématique : équation de diffusion

$$\frac{\partial}{\partial t}M(x, t) - D\frac{\partial^2}{\partial x^2}M(x, t) + \alpha M(x, t) = S(x, t)$$

- Variation temporelle de concentration
- Diffusion
- Dégradation
- Source (localisée à une extrémité de l'embryon)

Problème à étudier : Formation d'un gradient de Bcd dans un embryon

Formation d'un gradient par diffusion :

Description mathématique : équation de diffusion

$$\frac{\partial}{\partial t}M(x, t) - D\frac{\partial^2}{\partial x^2}M(x, t) + \alpha M(x, t) = S(x, t)$$

- Variation temporelle de concentration
- Diffusion
- **Dégradation**
- Source (localisée à une extrémité de l'embryon)

Problème à étudier :

Formation d'un gradient de Bcd dans un embryon

Formation d'un gradient par diffusion :

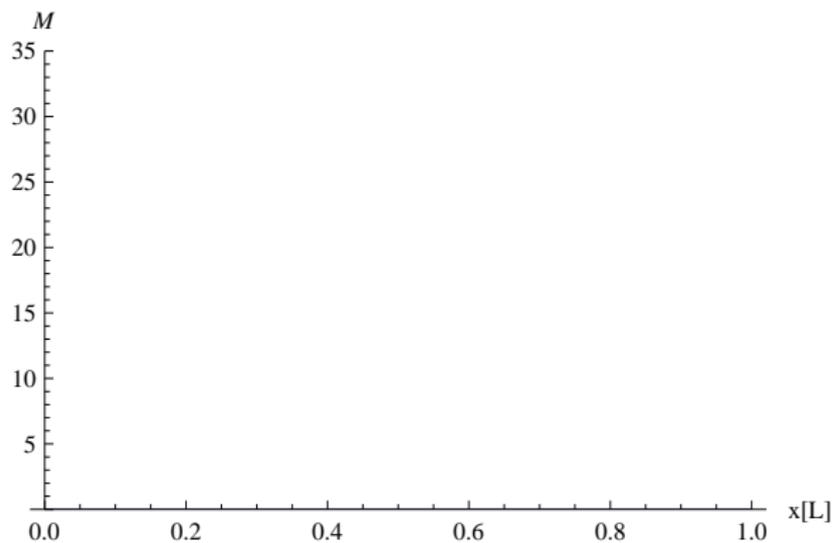
Description mathématique : équation de diffusion

$$\frac{\partial}{\partial t}M(x, t) - D\frac{\partial^2}{\partial x^2}M(x, t) + \alpha M(x, t) = \mathbf{S(x, t)}$$

- Variation temporelle de concentration
- Diffusion
- Dégradation
- **Source (localisée à une extrémité de l'embryon)**

Problème à étudier :

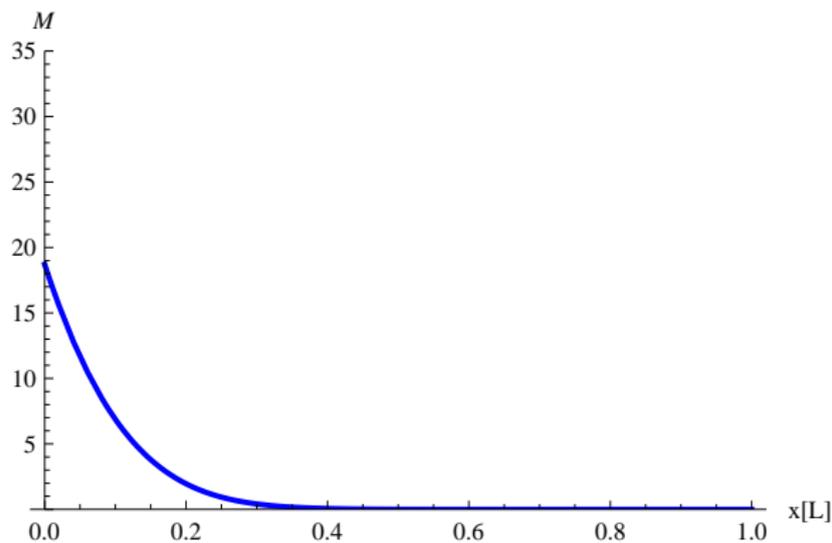
Formation d'un gradient de Bcd dans un embryon



Pas de morphogène au début

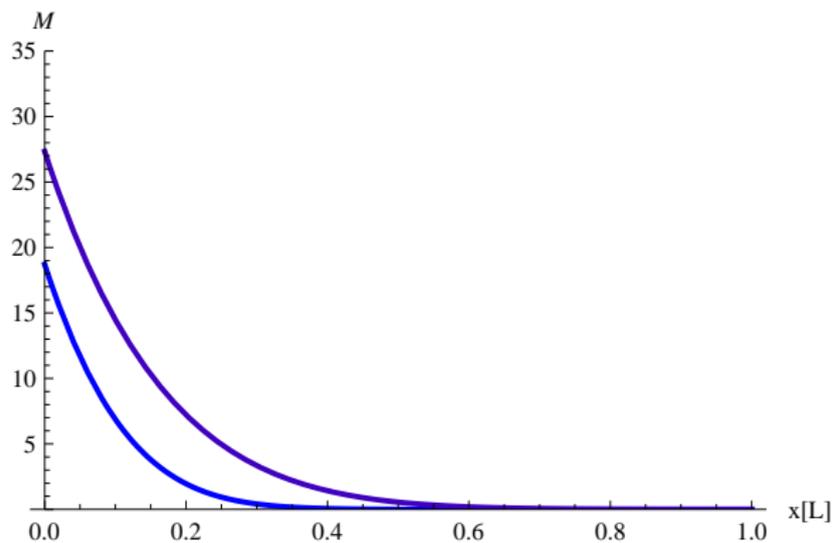
Problème à étudier :

Formation d'un gradient de Bcd dans un embryon



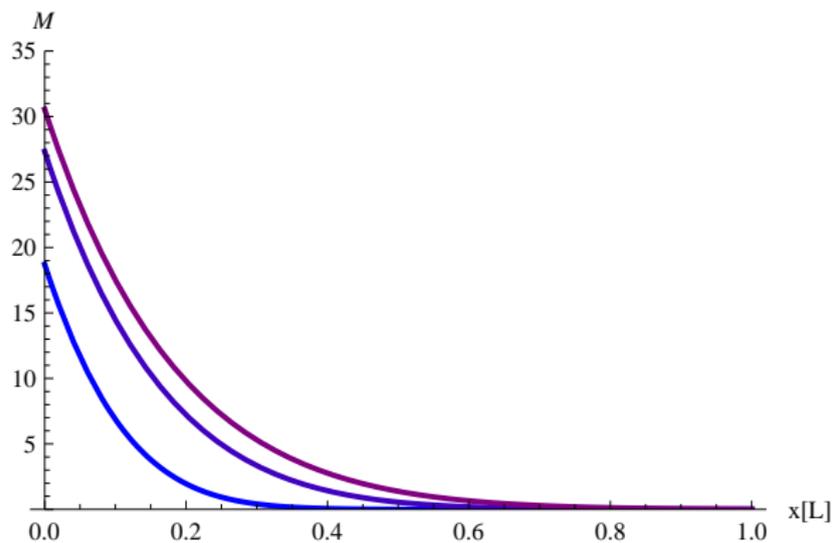
Evolution temporelle

Problème à étudier : Formation d'un gradient de Bcd dans un embryon



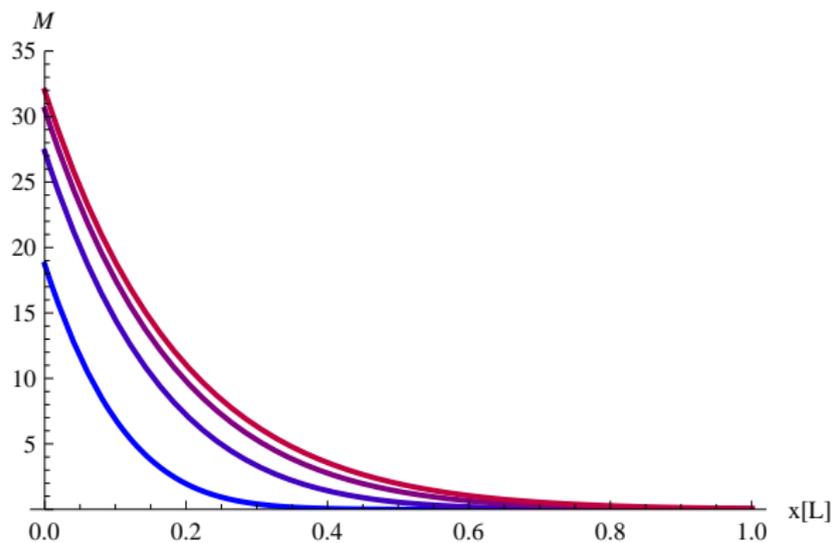
Evolution temporelle

Problème à étudier : Formation d'un gradient de Bcd dans un embryon



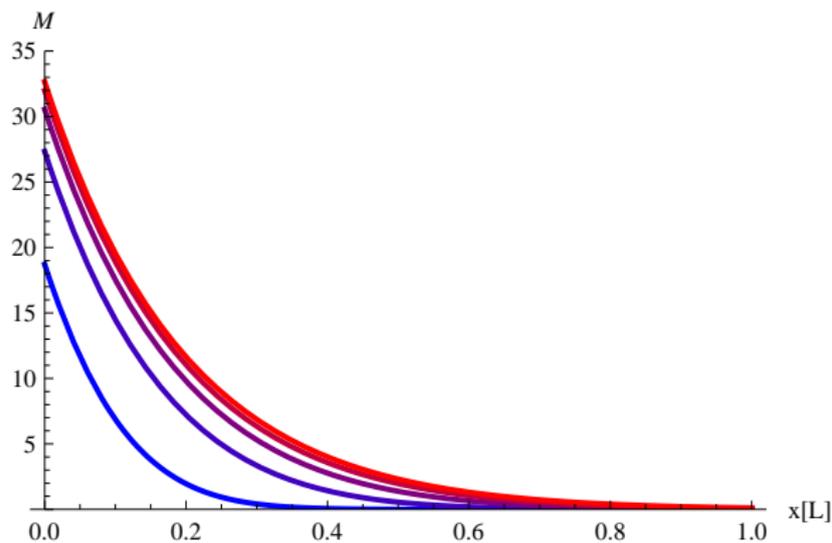
Evolution temporelle

Problème à étudier : Formation d'un gradient de Bcd dans un embryon



Evolution temporelle

Problème à étudier : Formation d'un gradient de Bcd dans un embryon



Etat d'équilibre

Buts du projet

- Comprendre les mécanismes sous-jacents la formation d'un gradient de diffusion dans un embryon
- Apprendre comment on modélise et résout mathématiquement et numériquement le problème
- Etudier l'effet des différentes composantes comme par exemple
 - une source structurée à la place d'une source ponctuelle
 - une modification locale de la diffusion (étude de "clones mutants")

Buts du projet

- Comprendre les mécanismes sous-jacents la formation d'un gradient de diffusion dans un embryon
- Apprendre comment on modélise et résout mathématiquement et numériquement le problème
- Etudier l'effet des différentes composantes comme par exemple
 - une source structurée à la place d'une source ponctuelle
 - une modification locale de la diffusion (étude de "clones mutants")

Buts du projet

- Comprendre les mécanismes sous-jacents la formation d'un gradient de diffusion dans un embryon
- Apprendre comment on modélise et résout mathématiquement et numériquement le problème
- Etudier l'effet des différentes composantes comme par exemple
 - une source structurée à la place d'une source ponctuelle
 - une modification locale de la diffusion (étude de "clones mutants")

Outils mathématiques et informatiques développés ou mis en valeur :

- Résolution analytique d'équations différentielles
- Introduction à Matlab et Mathematica (programmes utiles pour la résolution numérique (Matlab) et analytique (Mathematica) d'équations différentielles)