

**Expérimentation de la
co-animation maths - biotechnologie
en terminale STL**

Module en deux temps :

Décembre 2013 :

- Présentation : points de convergence entre les programmes ?

+ exemples de situations de co-animation

- Atelier : par lycée, en équipe, choix de situation de co-animation pour une expérimentation in situ d'ici à mars

Mars 2014 :

Retours sur les expériences de co-animation dans chaque lycée (difficultés, bénéfices, etc.)

**Points de convergence entre les
deux programmes et exemples de
co-animation possible**

Exemple 1 : Limites de fonction /
enzymologie

Points de convergence entre les programmes :

Exemple 1 : Limites de fonctions / enzymologie

Extrait du programme de maths : Limites de fonctions : asymptotes parallèles aux axes

Limites de fonctions

Asymptotes parallèles aux axes :

- limite finie d'une fonction à l'infini ;
- limite infinie d'une fonction en un point.

Limite infinie d'une fonction à l'infini.

- Interpréter une représentation graphique en termes de limite.
- Interpréter graphiquement une limite en termes d'asymptote.

Ces notions sont introduites par une approche numérique et graphique à l'aide d'un logiciel ou d'une calculatrice.

On fait percevoir cette notion par une approche graphique ou numérique. Elle est ensuite mobilisée lors de l'étude des fonctions logarithme, exponentielle et puissances. Aucun développement théorique n'est attendu.

Points de convergence entre les programmes :

Exemple I : Limites de fonctions / enzymologie

Extrait du programme de biotechnologie : Etude cinétique des enzymes Michaeliennes

- Influence de la concentration en substrat sur la vitesse initiale :

- . représentation graphique et interprétation de la courbe de Michaelis-Menten,
- . signification des paramètres cinétiques : constante de Michaelis (K_M), vitesse initiale maximale ($v_{(c, S) i \max}$).

Dans cette partie, on s'attachera à montrer comment les paramètres cinétiques permettent de caractériser les performances d'une enzyme pour une réaction donnée.

- Déterminer les paramètres cinétiques, constante de Michaelis et vitesse initiale maximale, d'une réaction enzymatique à l'aide des courbes de Michaelis-Menten et de la méthode de linéarisation en double inverse.

~~Comparer les performances de deux méthodes de~~

détermination des paramètres cinétiques.

- Comparer, à partir des valeurs des paramètres cinétiques, les performances :

- . d'une catalyse enzymatique en fonction de conditions opératoires choisies (pH, température, nature du substrat, présence d'un inhibiteur),
- . de deux enzymes capables de catalyser une même réaction.

La notion d'affinité de l'enzyme pour son substrat pourra être amenée par la comparaison de valeurs de K_m .

Points de convergence entre les programmes :

Exemple I : Limites de fonctions / enzymologie

Quelles possibilités de co-animation ?

Pistes pour le professeur de maths

-Montrer la transformation d'une hyperbole en droite

Outil peu utilisé en maths en pratique

Intérêt d'une co-animation ?

Pistes pour le professeur de BTK

-Réaliser une étude $V_i = f(C S)$

-Tracer l'hyperbole de Michaelis – Menten (réfléchir aux incertitudes de mesure de V_i à l'asymptote)

-Passer en double inverse à partir de l'équation de Michaelis (montrer que la transformation permet d'obtenir une droite type $y = a x + b$)

-Déterminer les K_M et V_i

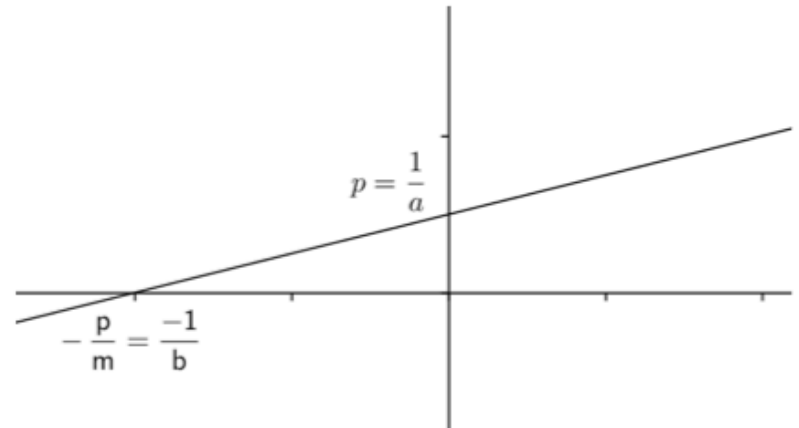
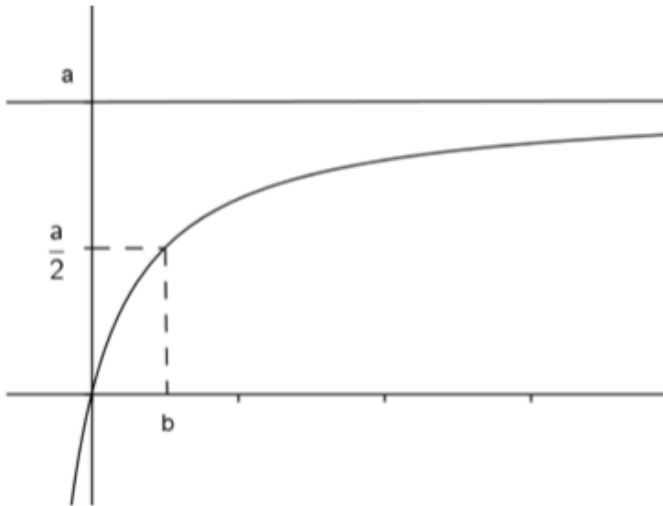
Points de convergence entre les programmes :

En maths...d'une hyperbole à une droite

On considère la fonction f définie par $f(x) = \frac{ax}{b+x} = y$ avec a et b positifs.

Exprimer $\frac{1}{y}$ en fonction de $\frac{1}{x}$.

$$\frac{1}{y} = \frac{b+x}{ax} = \frac{b}{a} \times \frac{1}{x} + \frac{1}{a} \text{ de la forme } Y = mX + p$$



**Exemple 2 : Fonctions exponentielles /
croissance bactérienne**

Points de convergence entre les programmes :

Exemple 2 : Fonctions exponentielles / croissance bactérienne

Extrait du programme de maths : Fonctions exponentielles

Contenus	Capacités attendues	Commentaires
Fonctions exponentielles Fonction $x \mapsto \exp(x)$.	<ul style="list-style-type: none">• Connaître les variations, les limites et la représentation graphique de la fonction exponentielle.	Pour tout nombre réel a , le réel $\exp(a)$ est défini comme unique solution de l'équation d'inconnue b : $\ln b = a$.
Relation fonctionnelle. Notation e^x .	<ul style="list-style-type: none">• Utiliser la relation fonctionnelle pour transformer une écriture.• Passer de $\ln x = a$ à $x = e^a$ et inversement.	On justifie la notation e^x .
Fonction exponentielle de base dix.	<ul style="list-style-type: none">• Passer de $\log x = a$ à $x = 10^a$ et inversement.	Pour tout nombre réel a , le réel 10^a est défini comme l'unique solution de l'équation d'inconnue b : $\log b = a$.

Points de convergence entre les programmes :

Exemple 2 : Fonctions exponentielles / croissance bactérienne

Extrait du programme de biotechnologie : Croissance bactérienne

Objectifs de formation et supports théoriques	Compétences transversales et technologiques
<ul style="list-style-type: none">- Courbe de croissance.- Phases de la croissance.- Paramètres cinétiques de la croissance.- Effecteurs de la croissance :<ul style="list-style-type: none">. concentration en substrat,. température,. oxygénation,. pH.- Notion de croissance optimale.- Applications industrielles de la croissance en bioréacteurs. <p>La modélisation de la cinétique de croissance en milieu non renouvelé fera appel aux acquis de mathématiques sur les fonctions logarithmiques et exponentielles après intégration de l'équation différentielle de l'accroissement de la population bactérienne.</p>	<ul style="list-style-type: none">- Mettre en œuvre un suivi de croissance d'une bactérie ou d'une levure.- Exploiter une courbe de croissance.- Déterminer les paramètres cinétiques.- Identifier/étudier les paramètres d'influence ou effecteurs. <p>La mise en œuvre d'une croissance bactérienne constituera un support de modélisation mathématique d'un phénomène biologique et de l'influence des conditions expérimentales sur les résultats, en particulier les paramètres physico-chimiques ou nutritionnels.</p>

Points de convergence entre les programmes :

Exemple 2 : Fonctions exponentielles / croissance bactérienne

Quelles possibilités de co-animation ?

Pistes pour le professeur de maths

-Détermination algébrique des paramètres cinétiques Q_x et G

Pistes pour le professeur de BTK

- Mettre en œuvre une croissance bactérienne en milieu non renouvelé avec suivi direct et/ou indirect

-Tracé des courbes de croissance $UFC/mL = f(t)$ et $\ln UFC/mL = f(t)$

-Repérage des phases de croissance (en particulier la zone exponentielle)

-Détermination graphique des paramètres cinétiques Q_x et G

Alternance envisagée : maths → BTK ou le contraire

Exemple 3 : Intégration / analyse
quantitative d'un chromatogramme ou
d'un électrophorégramme

Points de convergence entre les programmes :

Exemple 3 : Intégration / analyse quantitative d'un électrophorégramme ou d'un chromatogramme

Extrait du programme de maths : Intégration / primitives

<p>Intégration Définition de l'intégrale d'une fonction continue et positive sur $[a,b]$ comme aire sous la courbe.</p> <p>Notation $\int_a^b f(x) dx$.</p> <p>Formule $\int_a^b f(x) dx = F(b) - F(a)$ où F est une primitive de la fonction positive f.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Calculer l'intégrale d'une fonction positive simple.• Déterminer l'aire du domaine défini comme l'ensemble des points $M(x,y)$ tels que $a \leq x \leq b$ et $f(x) \leq y \leq g(x)$, f et g étant deux fonctions positives.	<p>On se limite à une approche intuitive de la continuité et on admet que les fonctions étudiées en classe terminale sont continues sur les intervalles où elles sont intégrées.</p> <p>On s'appuie sur la notion intuitive d'aire.</p> <p>Cette formule est admise.</p>
---	--	--

Points de convergence entre les programmes :

Exemple 3 : Intégration / analyse quantitative d'un électrophorégramme ou d'un chromatogramme

Extrait du programme de biotechnologie : Préparation et analyse biochimique de molécules biologiques (méthodes de dosage)

Objectifs de formation et supports théoriques	Compétences transversales et technologiques
<ul style="list-style-type: none">- Mesure d'absorbances par spectrophotométrie.- Courbe d'étalonnage.- Volumétrie directe, indirecte.- Analyse quantitative d'un chromatogramme par mesure d'aire.- Analyse quantitative d'un électrophorégramme par comparaison visuelle ou au densitomètre.- Détermination mathématique d'un volume équivalent par mesure au pH mètre. <p>L'analyse de résultats d'électrophorèse s'appuiera sur les résultats obtenus dans le cadre des méthodes de biologie moléculaire. La quantification pourra nécessiter d'utiliser des fonctions développées dans le cours de mathématiques. Il s'agit en outre d'acquérir le concept d'analyse quantitative d'un produit complexe.</p>	<ul style="list-style-type: none">- Choisir et mettre en œuvre une méthode de dosage en fonction des propriétés des biomolécules.- Concevoir et réaliser une gamme d'étalonnage.- Étalonner un appareil de mesure à l'aide d'un échantillon d'étalonnage unique ou d'une gamme d'échantillons d'étalonnage.- Évaluer quantitativement des résultats d'électrophorèse ou de chromatographie. <p>Rendre un résultat définitif en prenant en compte la préparation éventuelle d'un échantillon.</p> <ul style="list-style-type: none">- Comparer les résultats à une donnée de référence. <p>Le nombre de techniques approfondies en classe terminale sera limité ; les techniques ne seront pas étudiées pour elles-mêmes, mais dans l'objectif d'en comprendre les principales caractéristiques permettant à terme aux élèves d'en saisir l'intérêt et de choisir une méthode de dosage plutôt qu'une autre.</p>

Points de convergence entre les programmes :

Exemple 3 : Intégration / analyse quantitative d'un électrophorégramme ou d'un chromatogramme

Quelles possibilités de co-animation ?

Pistes pour le professeur de maths

- Travail sur un exemple numérique avec parabole et triangle
- Liens entre calculs d'aire et primitives

Pistes pour le professeur de BTK

- Séparation de protéines (sériques, lactiques...) par électrophorèse avec révélation par bain de colorant
- Photo de l'électrophorégramme + analyse avec le logiciel Mesurim (génère un profil densitométrique et mesure les aires des pics de chaque bande protéique)
- Calcul des quantités de chaque forme de protéines

Alternance envisagée : maths → BTK

Exemple 4 : Statistiques à deux variables / courbes étalons et analyse d'un dosage

Points de convergence entre les programmes :

Exemple 4 : Statistique à deux variables / courbes étalons et analyse d'un dosage

Extrait du programme de maths : Statistique descriptive à deux variables

Contenus	Capacités attendues	Commentaires
<p>Statistique descriptive à deux variables Nuage de points, point moyen.</p> <p>Ajustement affine selon la méthode des moindres carrés.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Représenter graphiquement un nuage de points et déterminer le point moyen.• Trouver un ajustement affine selon la méthode des moindres carrés.• Utiliser un ajustement affine pour interpoler ou extrapoler.	<p>L'objectif est d'étudier le lien éventuel entre deux caractères d'une même population.</p> <p>L'ajustement est réalisé avec une calculatrice ou un tableur.</p> <p>On observe à l'aide d'un logiciel le caractère minimal de la somme des carrés des écarts.</p> <p>En lien avec les autres disciplines, on réinvestit les connaissances d'analyse permettant, par un changement de variable donné, de se ramener à un ajustement affine.</p>

Points de convergence entre les programmes :

Exemple 4 : Statistique à deux variables / courbes étalons et analyse d'un dosage

Extrait du programme de biotechnologie : Préparation et analyse biochimique de molécules biologiques (méthodes de dosage)

Objectifs de formation et supports théoriques

- Mesure d'absorbances par spectrophotométrie.
- Courbe d'étalonnage.
- Volumétrie directe, indirecte.
- Analyse quantitative d'un chromatogramme par mesure d'aire.
- Analyse quantitative d'un électrophorégramme par comparaison visuelle ou au densitomètre.
- Détermination mathématique d'un volume équivalent par mesure au pH mètre.

L'analyse de résultats d'électrophorèse s'appuiera sur les résultats obtenus dans le cadre des méthodes de biologie moléculaire. La quantification pourra nécessiter d'utiliser des fonctions développées dans le cours de mathématiques. Il s'agit en outre d'acquérir le concept d'analyse quantitative d'un produit complexe.

Compétences transversales et technologiques

- Choisir et mettre en œuvre une méthode de dosage en fonction des propriétés des biomolécules.
 - Concevoir et réaliser une gamme d'étalonnage.
 - Étalonner un appareil de mesure à l'aide d'un échantillon d'étalonnage unique ou d'une gamme d'échantillons d'étalonnage.
 - Evaluer quantitativement des résultats d'électrophorèse ou de chromatographie.
 - Rendre un résultat définitif en prenant en compte la préparation éventuelle d'un échantillon.
 - Comparer les résultats à une donnée de référence.
- Le nombre de techniques approfondies en classe terminale sera limité ; les techniques ne seront pas étudiées pour elles-mêmes, mais dans l'objectif d'en comprendre les principales caractéristiques permettant à terme aux élèves d'en saisir l'intérêt et de choisir une méthode de dosage plutôt qu'une autre.**

Points de convergence entre les programmes :

Exemple 4 : Statistique à deux variables / courbes étalons et analyse d'un dosage

Extrait du programme de biotechnologie : Les agents inhibiteurs de la croissance bactérienne

Objectifs de formation et supports théoriques	Compétences transversales et technologiques
<ul style="list-style-type: none">- Notion d'antisepsie, de désinfection et de stérilisation.- Techniques de réduction de la charge microbienne :<ul style="list-style-type: none">. action de la chaleur (thermisation, pasteurisation, tyndallisation, autoclavage, chaleur sèche, etc.),. filtration,. rayonnements,. produits chimiques.- Étude de l'effet des procédés de destruction ou des molécules antimicrobiennes :<ul style="list-style-type: none">. notion d'indicateur biologique de pasteurisation, de stérilisation, etc.. modélisation mathématique de la destruction et ses limites : notion de barème d'ordre température,. effet microbicide ou microbiostatique CMI (d'une molécule antibiotique ou désinfectante),. principe de l'antibiogramme et standardisation de la méthode,. notion de spectre d'action.- Antibiotiques et antibiothérapie :<ul style="list-style-type: none">. relation entre concentration critique et sensibilité,. notions sur le mode d'action des antibiotiques. <p>Les notions de concentrations critiques seront présentées simplement afin de définir sensibilité et résistance au sens thérapeutique.</p>	<ul style="list-style-type: none">- Réaliser un test microscopique de viabilité cellulaire.- Étudier l'effet de la température et de la durée d'exposition sur la destruction bactérienne.- Réaliser une technique de réduction de charge microbienne et déterminer une réduction décimale de population bactérienne.- Mettre en évidence l'effet d'un antimicrobien, conservateur, antiseptique ou désinfectant.- Déterminer la CMI d'un antimicrobien vis-à-vis d'une bactérie ou d'une levure.- Réaliser un antibiogramme.- Exploiter les résultats d'un antibiogramme. <p>L'importance du respect des conditions standardisées dans la réalisation de l'antibiogramme pourra faire l'objet d'un projet technologique accompagné.</p>

Points de convergence entre les programmes :

Exemple 4 : Statistique à deux variables / courbes étalons et analyse d'un dosage

Quelles possibilités de co-animation ?

Pistes pour le professeur de maths

- A partir d'une série (y_i, x_i) faire un changement de variable sur x_i ou sur y_i (avec exp, ln et log)
- Nuage de point (déjà tracé en BTK)
- Déterminer par la méthode des moindres carrés l'équation de la droite d'ajustement affine
- Exploitation de la droite

Pistes pour le professeur de BTK

- Mise en œuvre d'un dosage colorimétrique, immunologique (ou d'antibiotique) avec gamme d'étalonnage + essais
- Tracé de la courbe étalon + report des essais en abscisses sur papier millimétré ou tableur.

Alternance envisagée : BTK → maths

Exemple 5 : Loi de densité /
acceptabilité d'un résultat

Points de convergence entre les programmes :

Exemple 5 : Lois de densité / acceptabilité d'un résultat

Extrait du programme de maths : Loi normale d'espérance μ et d'écart type σ

Contenus	Capacités attendues	Commentaires
Loi normale d'espérance μ et d'écart type σ .	<ul style="list-style-type: none">• Utiliser une calculatrice ou un tableur pour calculer une probabilité dans le cadre d'une loi normale.• Connaître et interpréter graphiquement une valeur approchée de la probabilité des événements suivants : $\{X \in [\mu - \sigma, \mu + \sigma]\}$, $\{X \in [\mu - 2\sigma, \mu + 2\sigma]\}$ et $\{X \in [\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma]\}$, lorsque X suit la loi normale d'espérance μ et d'écart type σ.	<p>La loi normale est introduite à partir de l'observation, à l'aide d'un logiciel, du cumul des valeurs obtenues lors de la répétition à l'identique d'une expérience aléatoire dont le résultat suit une loi uniforme.</p> <p>On s'appuie sur des exemples issus des autres disciplines.</p> <p>On peut simuler une loi normale à partir de la loi uniforme sur $[0,1]$.</p>

Points de convergence entre les programmes :

Exemple 5 : Lois de densité / acceptabilité des résultats

Extrait du programme de biotechnologie : Exploitation des résultats et qualité

Objectifs de formation et supports théoriques	Compétences transversales et technologiques
<ul style="list-style-type: none">- Fidélité, justesse d'une méthode.- Exactitude d'une mesure.- Étalonnage.- Incertitude sur la mesure.- Qualité d'une manipulation.- Logigramme de décision. <p>Les concepts de qualité développés dans l'enseignement de « Mesures et instrumentation » en classe de première seront réinvestis pour la mise en œuvre des manipulations et l'exploitation des résultats.</p>	<ul style="list-style-type: none">- Évaluer une méthode .<ul style="list-style-type: none">. prendre en compte la dispersion des résultats (fidélité sous condition de répétabilité ou de reproductibilité),. déterminer le biais pour apprécier la justesse d'une méthode.- Étalonner un appareil de mesure (pH mètre, etc.).- Étalonner une méthode dans des conditions opératoires données (obtenir une courbe d'étalonnage, utilisation de marqueurs de masse moléculaires).- Rendre un résultat :<ul style="list-style-type: none">. utiliser un contrôle (étalon de travail) pour valider la qualité d'une manipulation,. déterminer l'erreur de mesure pour quantifier l'exactitude d'un résultat,. exprimer un résultat avec une incertitude associée à un niveau de confiance,. comparer un résultat à un critère,. critiquer un résultat. <p>Ces compétences seront mises en œuvre lors de chaque activité technologique afin de permettre aux élèves d'acquérir de l'autonomie dans la maîtrise des concepts de qualité des résultats.</p>

Points de convergence entre les programmes :

Exemple 5 : Lois de densité / acceptabilité des résultats expérimentaux

Quelles possibilités de co-animation ?

Pistes pour le professeur de maths

??

Peu d'intérêt en terminale

**Passage aux densités
continues ?**

Intérêt d'une co-animation ?

Pistes pour le professeur de BTK

-Comparer deux essais en
répétabilité lors d'un dosage

-Etudier la fidélité / justesse d'un
instrument (contrôle des pipettes par
exemple)

Point sur les difficultés prévisibles :

- Articuler correctement la co-animation maths / BTK pour obtenir des bénéfices mutuels
- Progression : diversités entre les différents établissements / faire coïncider maths et BTK
- Période proposée pour cette expérimentation (inclut 4 semaines de PTA dans l'intervalle décembre / mars)
 - transformer cet inconvénient en avantage, en expérimentant la co-animation lors des projets ?
- Usage des TICE (accès au matériel informatique, utilisation des logiciels...)
- Difficultés de langage / vocabulaire (TOI PAS CAUSER COMME MOI !!) nécessitant harmonisation.

Travail en atelier :

En équipe par lycée...

- Choix d'un ou de deux exemples de co-animation maths / BTK à expérimenter
→ avec échanges entre les lycées pour éviter trop de redondance
- Proposition d'organisation (période, alternance maths → BTK / BTK → maths, durée des activités, utilisation de l'AP ?, liens possibles avec le PTA ?...)
- Proposition de contextualisation ayant un sens « biotechnologique »
- Proposition de pistes de travail concrètes pour les activités qui seront à réaliser par les élèves

A la fin de l'atelier : un rapporteur par lycée pour proposer un résumé des situations de co-animation retenues

**Expérimentation de la
co-animation maths - biotechnologie
en terminale STL**