L’Enseignement des Fonctions Exponentielles et Puissances en Terminale D : L’Approche par Modélisation

Par
OUAFEU TOKAM GUY PAULIN
Sous l’encadrement du
Dr Fidele CIAKE CIAKE : Chargé de cours ; ENS de Yaoundé.
de
M. TCHOUTIO Moïse : Inspecteur Pédagogique National de Mathématiques
et de
M. MEGAMTCHE Luc Calvin : Professeur des Lycées d’Enseignement Général.

Juillet 2014

♣ Table des matières ♣

♣ Cadre Contextuel ♣

La nécessité de rendre facile l'enseignement des Mathématiques, de mettre à la disposition des enseignants et des élèves de l'Afrique Centrale des cours numériques de Mathématiques de bonne qualité, l'acquisition par les élèves des bases d'une formation solide en Mathématiques permettant de mieux aborder l'enseignement supérieur et d'analyser une situation de vie, sont les objectifs majeurs du projet Prenum-AC (Production de Ressources Numériques de Mathématiques en Afrique Centrale). C'est dans le cadre de ce projet que nous présenterons une réflexion pédagogique sur les fonctions exponentielles et puissance en Terminale D.

L'enseignement de ces deux fonctions a pour objectif de faciliter la résolution des équations de la forme $a^x + b = 0$, la détermination des nombres de la forme $a^{\frac{p}{q}}$. Notre intérêt pour ces fonctions découle du constat selon lequel au Cameroun, les élèves de Terminale D ont des aptitudes théoriques plus ou moins moyennes au sujet des fonctions exponentielles et puissances, mais seulement très peu d'entre eux et certains enseignants ignorent concrètement à quoi elles peuvent servir. Il est donc question dans notre travail d'apporter des stratégies pédagogiques qui permettent de montrer l'apport de ces fonctions pour interpréter et formaliser certains problèmes de la vie courante et en apporter des solutions. Pour mener à bien ce travail, nous allons présenter une réflexion pédagogique sur l'enseignement des fonctions exponentielles et puissances selon l'approche par «modélisation». Nous y présenterons explicitement cette approche, ses liens avec les approches par compétence et par objectif, des activités de modélisation et l'analyse de ses avantages et inconvénients dans le système éducatif camerounais.

♣ RÉFLEXION PÉDAGOGIQUE ♣

0.1 Historique :

Étymologiquement, le dictionnaire Le Robert dans son édition de 2007 définit la modélisation comme la mise en équation d'un phénomène complexe permettant d'en prévoir l'évolution. La dite équation étant entendue ici comme modèle mathématique, c'est-à-dire une expression destinée à simuler un tel phénomène. Selon Lambre, cité par RUTH Rodriguez, «une modélisation est une représentation mathématique d'un aspect d'une réalité. On ne doit jamais oublier l'aspect partiel de cette représentation, modéliser, c'est appliquer un fragment de mathématiques à un fragment de réalité»[4]. Dans le même sillage, Coulange affirme que : «Un modèle mathématique est une abstraction, une simplification et une interprétation liée à un système mathématique, ou un objet réel ; relativement à des questions qu'on se pose sur ce système».

L'intégration de la modélisation dans l'enseignement est un fait très récent, elle date en Europe, de la période d'entre deux guerres ; au moment où la nécessité était impérieuse de trouver des solutions aux problèmes devant soutenir l'éffort de guerre. Plusieurs théoriciens se sont penchés par le passé sur ce sujet, notamment en 1981, Brousseau présente l'importance de modéliser certaines situations particulières où les élèves sont appelés à construire un modèle mathématique pour répondre à des questions. Mais d'autres émettent cependant des réserves, c'est ainsi que Chevallard en 1984 a montré que l'activité de modélisation se réduit souvent à une application des connaissances mathématiques de l'élève à une fausse situation «concrète» qui rend cette application possible. Il sera soutenu plus tard en 1995 par Di Martino, qui estime que «l'enseignement du jeu de la modélisation est une opération didactique très subtile et toute naturalisation et imposition trop rapide à ce niveau peut devenir métamorphiquement contradictoire avec le sens de l'enseignement envisagé »[4]. Afin d'éviter cette imposition aux élèves de créer un véritable enseignement en dehors de l'enseignement de la discipline même de mathématiques, Chevalard (1984) estime que « La construction du modèle, la problématique même du travail du modèle prennent appui sur la connaissance antécédente du domaine de réalité dont il s'agit d'étudier l'un des fragments »[4]. De nos jours il existe une panoplie d'articles à ce sujet ([1], [2], [4]).

Ce style d'enseignement est aujourd'hui en application dans le système éducatif Français de part son adoption dans les grandes orientations éducatives. En outre on observe en France une multiplication aux épreuves du Baccalauréat d'exercices visant à présenter, pour les questions proprement d'ordre mathématiques, des justifications d'ordre plus concrètes. Au Cameroun, aucune mention du terme modélisation ou du sens du mot n'est faite dans le programme officiel de mathématiques.

0.2 Introduction

L'enseignement des fonctions exponentielles et puissances selon l'approche par modélisation se propose de faire prendre conscience aux élèves que l'acquisition de connaissances élémentaires en mathématiques peut avoir un grand intérêt dans la compréhension et la résolution de problèmes issus d'autres sciences et sont des armes indispensables pour la résolution de problèmes issus de la vie courante.

Dans ce sillage, nous proposons une stratégie pédagogique basée sur des activités à faire par les élèves sous la conduite de l'enseignant. Ces activités devront être choisies de manière à se prêter à une approche pluridisciplinaire et expérimentale. L'expérimentation devra être développée au moyen d'outils logiciels(calculatrice, ordinateurs, balance électronique, capteurs, etc...).

Dans l'implémentation de ce mode d'enseignement, soit le professeur travaille directement à partir d'un modèle qui ne se discute pas ; soit il entre dans la complexité d'un enseignement explicite du jeu de modélisation, c'est-à-dire, il donne à ses élèves la possibilité de choisir, en fonction des critères qui se discutent. Ainsi les hypothèses du modèle se construisent en classe et/ou les élèves ont la possibilité de discuter la pertinence des hypothèses des modèles «tous faits» qui leur sont directement proposées pour résoudre des problèmes.

Notre réflexion à ce sujet se propose de répondre à quelques interrogations, à savoir :

- Quelle lien cette approche à t-elle avec les approches par objectif et par compétence ?
- Quel est le mode opératoire en salle de classe ?
- Quel est le plan d'action d'une activité dans le cadre de l'enseignement par modélisation ?
- Quels sont les avantages et les inconvénients de l'approche par modélisation ?

0.3 Analyse comparative avec les approches par objectif et par compétence

Selon Olivier TOUTAIN, trois notions centrales caractérisent la compétence : La capacité, la connaissance et l'expérience. Citant REY, il affirme que le concept de compétence se traduit alors par « être capable grâce à ses connaissances et son expérience ».[3]

«Capacité», «connaissance» et «expérience» sous-tendent alors la prise en compte d'une interaction complexe entre l'homme et la société à laquelle il appartient. Autrement dit, la construction d'expérience et la reconnaissance des capacités attribuées à un individu ou à un groupe, n'existe pas sans l'existence d'un autrui présent à un moment donné, dans un lieu donné. Par conséquent, en étant capable, par ses connaissances et son expérience, l'individu crée et développe des compétences reconnues socialement. En outre le concept de compétence sous-tend la réalisation d'actions dont les objectifs ont été définis au préalable.

L'approche par modélisation tel que nous la présentons s'inscrit dans la continuité des approches par objectif et par compétence. En effet, pour pouvoir participer activement à l'activité proposé par l'enseignant, l'élève doit déjà être capable de réaliser les objectifs visés par le cours purement mathématique au préalable dispensé par l'enseignant. En suite, les activités ont pour objectifs de développer des compétences chez les élèves leur permettant de résoudre des problèmes de leur environnement. Nous estimons que l'approche par modélisation est une étape intermédiaire du passage de l'approche par objectifs à l'approche par compétence.

0.4 Mode opératoire de l'approche par modélisation :

Le professeur présente une situation dans les termes naïfs du langage courant. Cette présentation se réduit souvent à « l'habillage» d'un problème mathématique qu'il désire proposer aux élèves. Ainsi la description d'une réalité complexe disparaît pour laisser la place à la proposition d'un formalisme. Le professeur attend ensuite des élèves qu'ils traduisent ce formalisme en termes mathématiques. Il les aide au besoin pour interpréter la question posée en un problème interne qu'ils doivent résoudre ; ils produisent, si possible, un petit commentaire remplaçant leurs résultats et il revient au professeur de donner les prolongements possibles et de dégager les appréciations qui portent sur la situation réelle.

★ Facteurs entravant la pratique de la modélisation :

Des difficultés surgissent dans la mise en œuvre de la modélisation , ainsi Dupin (1995), cité par RUTH Rodriguez, affirme que « Si la mise en place du processus de modélisation nécessite des modifications importantes du contrat classique, régissant par exemple les places respectives et les fonctions du maitre et des élèves, les attentes réciproques, il est impératif d'explorer quelles peuvent être les conditions de contrat, voire de rupture, si ces situations de modélisation sont insérées au milieu de moments plus traditionnels d'enseignement»[4]. Il se pose donc un problème de rupture avec le procédé didactique habituellement utilisé dans nos salle de classes. D'autre part, la «transposition», lors de la mise en place des activités doit rester fidèle au concept scientifique originel ; de ce fait il importe de poser des problèmes ouverts aux yeux de l'élève, c'est-à-dire qui lui sont accessibles. En fin il se pose la question du temps parce qu'il faut être capable d'intégrer les processus de modélisation dans une perspective curriculaire.

La mise en application de cette approche dans le contexte socio- économique Camerounais se heurte à l'insuffisance des moyens technologiques pour la simulation et la conception des modèles. Toute fois l'enseignant devra faire des recherches en vue de trouver des modèles existant dans le monde scientifique et par le biais d'une transposition didactique concevoir des activités pour montrer leur utilisation et leur rôle .

★ Place de l'activité dans le plan du cours :

Les activités de modélisation ou d'utilisation de modèles devront intervenir après la dispensation du cours traditionnel basé sur l'approche par objectif.

★ Durée moyenne de l'activité :

Une activité de conception de modèle mathématique devra durer en moyenne 45 min, dont 30 min de temps de reflexion par les élèves et 15 min de temps de correction avec le professeur.

0.5 Plan d'action d'une activité dans le cadre de l'enseignement par modélisation :

Chaque activité devra respecter le plan indicatif suivant :

1. Position d'un problème concret et description des faits observés en physique, biologie, économies et en bien d'autres domaines ; suivit de la formulation des hypothèses de travail(déclaration des variables et autres).
2. Construction d'une modélisation mathématique en s'appuyant sur les hypothèses faites au point 1.
3. Utilisation de la modélisation pour apporter des réponses au problème initial.

4. Discuter de la pertinence des réponses et éventuellement de la validité et des limites du modèle.
5. Enfin, soulever les problèmes théoriques sous-jacents aux notions mathématiques introduites.

0.6 Activités proposées

0.6.1 Activité 0.1

Objectif pédagogique	Modélisation de la taille d'une tumeur cancéreuse.
Compétences attendues	Mener des raisonnements, Avoir une attitude critique, savoir prévoir à chaque date t le nombre de cellules cancéreuses qui composent une tumeur dont le temps de doublement T est supposé connu.
Source scientifique :	[1].
Modalités de gestion de classe	Travail individuel en salle de classe.
Outil technique	Calculatrice, logiciel de géométrie.
Durée	45 min.

•**Problème posé par l'enseignant :(5 min)** Tout cancer débute par la production d'une cellule cancéreuse. Au cours du temps, cette cellule va produire un ensemble de cellules filles appelées tumeur. On observe que le temps de doublement T d'une tumeur cancéreuse (c'est -à-dire le temps mis pour une tumeur donnée de doubler son nombre de cellules) est sensiblement constant et dépend du type de cancer. Par exemple, pour un cancer du sein, T peut varier de 12 à 14 semaines. La question est de disposer d'un moyen permettant de prévoir à chaque date t le nombre $N(t)$ de cellules cancéreuses qui composent une tumeur dont le temps de doublement T est supposé connu.

◁**Action 1 des élèves :(5 min)** Sous l'incitation du professeur, en supposant que $N(0) = 1$, les élèves produisent la cinétique tumorale suivante :

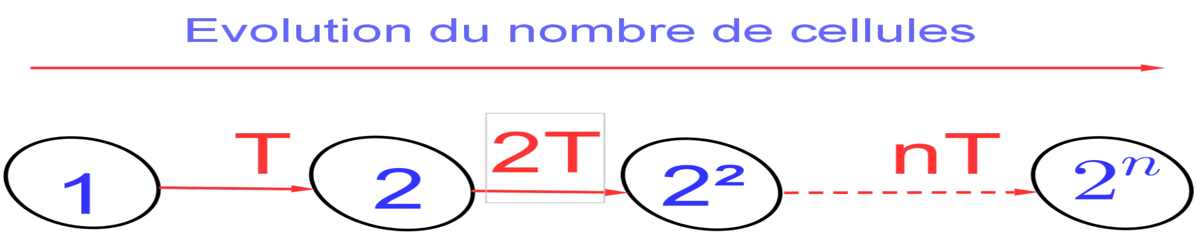

FIGURE 1 – Cinétique tumorale

•Modélisation :

▷**Action 2 de l'enseignant :(2 min)** La démarche expérimentale consiste à compléter le nuage de points représentant les puissances entières de la figure (1). Sachant qu'une tumeur a un temps de doublement évalué à T, à partir d'une cellule cancéreuse , l'enseignant demande aux élèves de donner le nombre de cellules au temps $t_n = nT$ (dont l'unité est la semaine).

◁**Action 2 des élèves :(2 min)** La réponse attendue est 2^n.

▷**Action 3 de l'enseignant :(2 min)** L'enseignant fait remarquer que $N(t_n) = 2^{\frac{t_n}{T}} = 2^{\frac{nT}{T}} = 2^n$. On souhaiterait disposer d'une fonction N donnant à tout instant t le nombre de cellules cancéreuses $N(t)$ composant la tumeur.

◁**Action 3 des élèves :(4 min)** Les élèves déduisent au vue de la remarque ci dessus que $N(t) = 2^{\frac{t}{T}}$.

▷**Action 4 de l'enseignant :(1 min)** L'enseignant demande aux élèves de ressortir d'une manière analogue l'expression de $N(t)$ si le nombre initial de cellules est N_0.

◁**Action 4 des élèves :(4 min)** Résultat attendu : $\boxed{N(t) = N_0 2^{\frac{t}{T}}}$.

•Utilisation du modèle :

▷**Action 5 de l'enseignant : (2 min)** L'enseignant prend par exemple $T = 3$ semaines et $N_0 = 10^{10}$ au moment de la détection du cancer, puis demande aux élèves de déterminer le nombre de cellules cancéreuses au bout d'un an.

◁**Action 5 des élèves :(2 min)** Résultat attendu $N(48) = 10^{10} \times 2^{\frac{48}{3}} = 1,29 \times 10^{11}$ cellules.

•Pertinence du modèle :

La vérification de la véracité du résultat obtenu à l'action 5 des élèves se fait au laboratoire, dans une culture de cellules cancéreuses. Donc l'enseignant pourra faire abstraction de cette étape ou faire une remarque sur la démarche du laboratoire.

•Problèmes théoriques dérivant du modèle construit :

▷**Action 6 de l'enseignant :(2 min)** De source médicale, le temps nécessaire à la détection d'une tumeur issue d'une seule cellule cancéreuse est égale à 30 fois son temps de doublement. L'enseignant demande aux élèves de justifier cette affirmation en admettant que pour qu'une tumeur soit détectable elle doit être composée d'au moins 10^9 cellules.

◁**Action 6 des élèves :(3 min)** Résultat attendu
$2^{\frac{t}{T}} \geq 10^9 \Leftrightarrow \frac{t}{T}\ln 2 \geq 9\ln 10 \Leftrightarrow t \geq \frac{9\ln 10}{\ln 2}T \Leftrightarrow t \geq 29,89T$.

▷**Action 7 de l'enseignant :(1 min)** L'enseignant demande aux élèves d'étudier et représenter la courbe de N quand $T = 18$, $N_0 = 10$, puis d'interpréter graphiquement la courbe obtenue.

◁**Action 7 des élèves :(10 min)**$N(t) = 10(2)^{\frac{t}{18}} = 10e^{\frac{t}{18}\ln 2}$.
$*$ Le domaine est $\mathbb{R}$.
$*$ $\lim\limits_{t\to-\infty} N(t) = 0, \quad \lim\limits_{t\to+\infty} N(t) = +\infty, \quad \lim\limits_{t\to+\infty} \dfrac{N(t)}{t} = +\infty.$
Donc N admet en $+\infty$ une branche parabolique de direction (OJ) et en $-\infty$ une asymptote horizontale qui est l'axe des abscisses.
$*N'(t) = \frac{10\ln 2}{18}e^{\frac{t\ln 2}{18}} > 0$, donc N est strictement croissante sur $\mathbb{R}$.

$*$ Tableau de variation :

t	$-\infty$	$+\infty$
$N'(t)$	+	
$N(t)$	$0 \nearrow$	$+\infty$

$*$Représentation

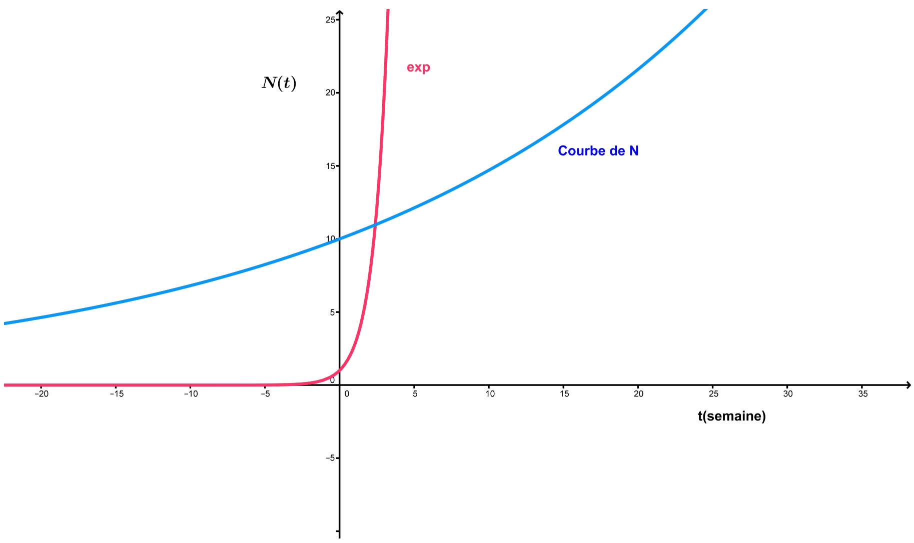

FIGURE 2 – Courbe representative du nombre de cellules cancéreuses

$*$ **Interprétation :** L'évolution du nombre de cellule est exponentielle et sa courbe est similaire à celle de la fonction exponentielle.
Donc il est important de se faire dépister très tôt du cancer car les cellules cancéreuses se multiplient très rapidement.

0.6.2 Activité 0.2

Objectif pédagogique	Modéliser la croissance d'une population de bactéries.
Compétences attendues	Etablir une équation différentielle du premier ordre ; prévoir l'évolution de la population des bactéries.
Modalités de gestion de classe	Travail en groupe en salle de classe.
Source	[5]
Outil technique	Une calculatrice scientifique.
Durée	45 min, dont 30 min de reflexion et 15 min de correction active.

• **Problème posé par l'enseignant :**

On étudie l'évolution dans une culture, d'une population de Thiomargarita Namibiensis, un type de bactéries de 300 micromètres de diamètre. On note $S(t)$ la surface occupée par cette population à un instant t(en mois). Après plusieurs mesures, on constate que sa vitesse de croissance est à chaque instant t proportionnelle à $S(t)$. On note k le coefficient de proportionnalité et s la surface d'une bactérie. On rappelle que si $N(t)$ est le nombre de bactéries à un instant t, la vitesse d'évolution des bactéries est $V(t) = \frac{dN}{dt}$.

1. Déterminer l'équation vérifiée par $S(t)$ et établir que $\boxed{S(t) = \lambda e^{skt}, \lambda \in \mathbb{R}}$.
2. On a effectuer les mesures suivantes :

t en mois	0	1
$S(t)$ en cm^2	0,5	3,7

a) A partir de ces mesures, déterminer une valeur approchée du coefficient k.

b) A partir de combien de temps la population de bactéries aura-t- elle doublé ?

3. Pour vérifier la pertinence de notre modèle, on effectue les mesures supplémentaires suivantes :

t en mois	0,5	1,5	2
$S(t)$ en cm^2	1,2	10	27

Tracer dans un repère orthonormé les points $(t, ln(S(t)))$ observés. Que remarque-t'on ?

Solution :

1. **Équation vérifiée par S :**
Puisque la vitesse est proportionnelle à la surface , on a $\frac{dN}{dt} = kS$. Or $S = Ns$, d'où $N = \frac{S}{s}$.

Il s'en suit que $\frac{dN}{dt} = kS \Leftrightarrow \frac{1}{s}\frac{dS}{dt} = kS \Leftrightarrow \frac{1}{s}S'(t) = kS(t) \Leftrightarrow S'(t) = ksS(t)$.
D'où $\frac{S'(t)}{S(t)} = sk \Leftrightarrow \ln S(t) = skt + \beta, \beta \in \mathbb{R} \Leftrightarrow S(t) = e^{skt+\beta} = \lambda e^{skt}$ avec $\lambda = \pm e^{\beta}$.

2. a)**Valeur approchée de** k :
   $S(0) = 0,5 \Rightarrow \lambda = 0,5$.
   $S(1) = 3,7 \Rightarrow 0,5e^{sk} = 3,7 \Rightarrow e^{sk} = 7,4 \Rightarrow k = \frac{\ln 7{,}4}{3{,}14\times 0{,}015\times 0{,}015} = 2832,95$.
   b)**Temps au bout duquel la population de bactéries doublera.**
   On a $0,5e^{skt} = 2(0,5) = 1 \Rightarrow skt = \ln 2 \Rightarrow t = \frac{\ln 2}{2{,}00148} \simeq 0,34$ mois, soit environs une semaine et 2 jours.
3. **Représentation des points :**

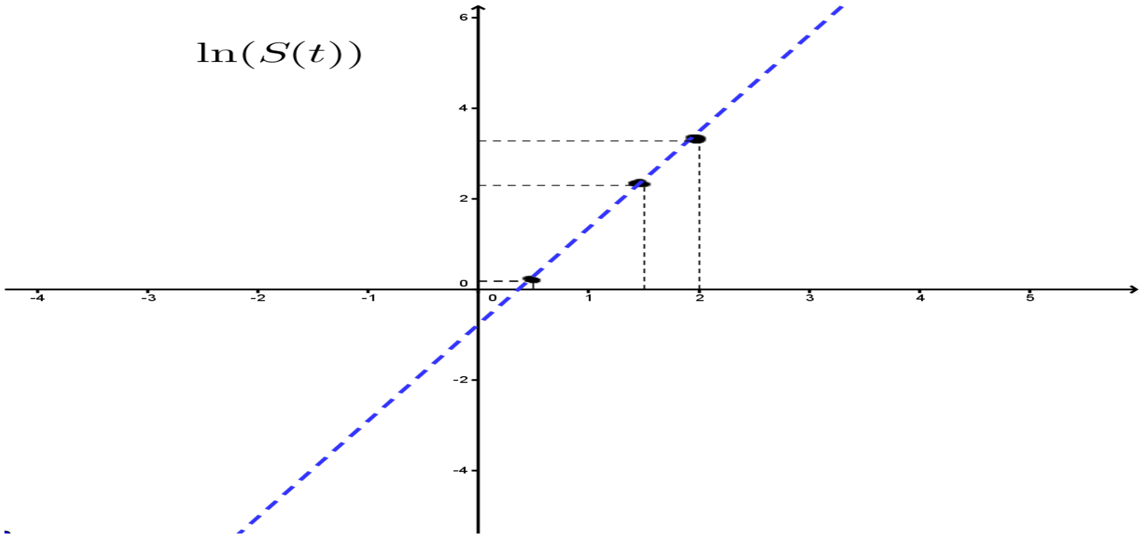

FIGURE 3 – Representation des points

On constate que ces points sont alignés Le coefficient directeur de cette droite est $\frac{\ln 27 - \ln 1{,}2}{2 - 0{,}5} \simeq 2,07$. Or $\ln S(t) = skt + \beta$, avec $sk = \ln 7,4 = 2,00148$.
Donc ce modèle est fiable car $2,07 \simeq 2,00148$.

0.6.3 Activité 0.3

Objectif pédagogique	Modéliser l'expression d'un capital placé à un taux d'intérêt composé.
Compétences attendues	Expérimenter la construction du nombre e, déterminer le capital au bout de plusieurs années.
Modalités de gestion de classe	Travail en groupe comme devoir.
Outil technique	Une calculatrice scientifique.
Durée	45 min.

Partie A : Construction du nombre e.

On pose $f(n) = 1 + \frac{1}{n}$ et $g(n) = (1 + \frac{1}{n})^n \quad n \in \mathbb{R}_+^*$.

1. A l'aide d'une calculatrice calculer $f(1)$ et $g(1)$, $f(10)$ et $g(10)$, $f(100)$ et $g(100)$, $f(1000)$ et $g(1000)$, $f(10000)$ et $g(10000)$.
2. Que constatez vous au fur et à mesure que n prend des valeurs grandes ?
3. Conjecturer la limite suivante : $\lim_{n \to +\infty} g(n)$. On note $e = \lim_{n \to +\infty} (1 + \dfrac{1}{n})^n$.
4. Pour n connu, on pose $h(x) = (1 + \frac{x}{n})^n$, $x \in \mathbb{R}$.
5. a) Pour chacune des valeurs de n suivantes : $n = 100$, $n = 1000$ et $n = 10000$; Comparer $h(2)$ et e^2, $h(5)$ et e^5.

   b) Déduire pour des grandes valeurs de n une relation entre $(1 + \frac{x}{n})^n$ et e^x , x étant un réel quelconque.

Partie B : Construction d'un modèle exponentiel

Après la vente du haricot,un agriculteur place un capital de 50000 à un taux d'intérêt annuel de $8,4\%$, composé mensuellement. Il souhaiterait réserver cet argent pour les études universitaires de son fils qui à 8 ans et fait la classe de CE1. Cet agriculteur veut une formule simple pouvant lui permettre de calculer son capital dans 11 ans.

1. Déterminer la valeur du placement au bout d'une année.
2. Déterminer sa valeur après 3 années.
3. Montrer que la formule exprimant son capital P en fonction du nombre d'années n est donnée par : $50000(1 + \frac{0{,}084}{12})^{12n}$.
4. On rappelle que $e^x = \lim_{n \to +\infty} (1 + \dfrac{x}{n})^n$.
5. a) En remarquant que $(1 + \frac{0{,}084}{12})^{12n} = \left((1 + \frac{1}{\frac{12}{0{,}084}})^{\frac{12}{0{,}084}}\right)^{0{,}084n}$, déduire qu'une expression simplifiée de son capital au bout n années est $\boxed{P(n) \simeq 50000e^{0{,}084n}}$.

   b) Déterminer une valeur approchée de son capital au bout de 11 années en utilisant l'expression précédente, puis comparer ce résultat avec celui obtenu en utilisant l'expression de la question 3. Conclure.

   c) Dans combien d'années ce capital sera de 900000 F.

   d) Proposer une expression du capital pour un taux annuel quelconque de $t\%$.

0.7 Avantages et inconvénients de la modélisation :

0.7.1 Avantages :

L'approche par modélisation présente plusieurs atouts notamment :

•La modélisation et l'utilisation des modèles est un moyen qui permet d'assurer le rôle des mathématiques comme science satisfaisant les besoins que la société demande.

• Elle permet de faire comprendre aux élèves que les mathématiques gardent un équilibre entre l'entrainement au calcul et la réflexion.

• Elle permet de motiver les élèves à étudier les mathématiques dans le futur.

• Elle peut permettre d'introduire une notion lors d'un cours.

0.7.2 Inconvénients :

L'approche par modélisation présente plusieurs limites notamment :

• Elle ne peut pas être mise en œuvre en salle de classe comme le ferait un ingénieur.

• Nos lycées et collèges ne disposent pas assez de matériels technologiques pour réaliser des modèles complexes.

• Certains enseignants en service dans des zones les plus sous développées du pays n'ont pas d'accès au service internet pour chercher des modèles qui serviront à construire leurs activités.

• Cette méthode nécessite beaucoup de temps pour achever le chapitre, en plus de ce qui est déjà prévu pour un cours traditionnel.

♣ Conclusion ♣

En définitive, l'enseignement des fonctions exponentielles et puissances en Terminale D selon l'approche par modélisation est révolutionnaire en ce sens qu'elle permet à la base la naissance de l'esprit de recherche scientifique chez les jeunes élèves. Dans sa mise en œuvre, il est à noté qu'elle doit faire suite à un cours théorique bien illustré ; et, bien qu'elle présente quelques difficultés d'applications ; notamment la nécessité de rester fidèle aux sources scientifiques des activités, d'adapter les élèves au nouveau contrat didactique qu'elle impose, d'utiliser des ordinateurs et autres appareils de simulation, enfin de tenir compte du temps d'enseignement du dit chapitre qui se trouve rallongé ; il devrait être adapté au contexte socio-économique Camerounais, notamment par des situations problèmes simples à modéliser et ne nécessitant pas l'utilisation d'un matériel technologique trop sophistiqué, par l'utilisation des modèles préconçus pour réaliser des activités. Cette approche ne présente pas que d'inconvénients, elle permet d'apporter la motivation aux élèves, d'apprendre les mathématiques et de développer en eux l'esprit de créativité, d'ingéniosité.

Pour ces raisons, nous préconisons que les enseignants de mathématiques s'imprègnent activement de cette approche afin de donner un sens utilitaire aux fonctions exponentielles dans l'optique de les faire contribuer au développement scientifique de notre pays par l'émergence des jeunes élèves pétris d'orientations et d'outils de recherches. Dans ce sens nous estimons que l'inspection nationale de mathématiques peut jouer un grand rôle dans la vulgarisation de l'approche par modélisation.

♣ Bibliographie ♣

[1] Dominique BARBOLOSI. *Du Contrait à l'Abstrait, de l'Heuristique à la Rigueur*, Irem de Marseille, Avril 2011.

[2] Jean-Pierre RAOULT. *Autour De La Modélisation Dans L'enseignement Des Mathématiques*, laboratoire d'analyse et de mathématiques appliquées, Université de Marne-La-Valée(France), 2007.

[3] Olivier TOUTAIN. *Compétences entrepreneuriales et pratiques d'accompagnement : Approche exploratoire et modélisation*. Publié dans ≪Entrepreneuriat et accompagnement. Outils, actions et paradigmes nouveaux≫. Harmattan, Paris, 2008.

[4] Ruth RODRIGUEZ GALLEGOS. *Mémoire de DEA : Le Contrat Didactique Relatif aux Équations Différentielles Comme Outils de Modélisation en Classe de Terminale S*, 2003

♣ Webographie ♣

[5] www.edu.gov.mb.ca/