PLACE ET ROLE DE LA METHODE D'EULER DANS L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE DE MATHEMATIQUES ET DE PHYSIQUE

FERNAND MALONGA MOUNGABIO
Équipe DIDIREM, Université Paris Diderot
malonga@math.jussieu.fr

Résumé. Nous présentons ici quelques éléments d'une analyse portant sur la continuité didactique au niveau de l'introduction de la méthode d'Euler en mathématiques et en physique de terminale S. Cette communication vise à montrer que la continuité didactique que l'on est en droit d'attendre à l'occasion de la mise en œuvre de la méthode d'Euler au regard des programmes de mathématiques et de physique et des intentions affichées, est pratiquement inexistante.

Mots clés : Mathématiques, physique, méthode d'Euler, équations différentielles, didactique, continuité didactique.

---

1. Introduction

Les programmes actuels de mathématiques et de physique[1] préconisent un enseignement coordonné des équations différentielles entre les deux disciplines. L'introduction de la méthode d'Euler doit permettre normalement une nouvelle approche dans le traitement des équations différentielles :

- construction de courbes approchées de la fonction exponentielle (y'=y avec la condition y(0)=1) en mathématiques,
- étude des phénomènes physiques modélisés par des équations différentielles non linéaires en physique.

Dès lors, on peut s'interroger sur l'articulation entre les deux disciplines dont la mise en œuvre n'est pas toujours facile :

- Quel est le statut et quel est le rôle donnés à cette méthode dans les deux disciplines ?
- Comment s'effectue la mise en relation des deux disciplines ?
- Comment l'informatisation de la méthode via les TICE, contribue-t-elle à un renforcement didactique, à la compréhension et au traitement des situations de modélisation ?

A la lumière de ce qui précède, nous nous sommes proposés dans cette communication, d'examiner la place de la méthode d'Euler appliquée aux équations différentielles en mathématiques et en physique, à la fois dans les programmes officiels, les documents d'accompagnement et les manuels scolaires.

Notre hypothèse est que la mise en relation entre les deux disciplines ne relève ni d'une transdisciplinarité, ni d'une pluridisciplinarité (dont on sait la difficile mise en pratique) mais de ce que nous avons appelé « continuité didactique » : à la fois plus modeste et plus clair, ceci caractérise mieux à notre sens l'objectif de mise en relation, au niveau scolaire, des disciplines scientifiques. Chacune garde sa spécificité, mais des liens concrets sont établis.

1 BO hors-série n°4, 30 août 2001.

Pour ce qui concerne la relation mathématiques – physique, la continuité porte donc sur la modélisation de systèmes, et plus spécifiquement sur la modélisation par une équation différentielle du premier ordre.

Notre objectif, à travers l'analyse des ouvrages[2], vise à attirer l'attention sur les difficultés d'interrelation des deux disciplines, fonctionnant chacune avec ses traditions et habitudes, difficultés que l'on retrouve dans d'autres ressources pédagogiques, sur Internet, notamment.

2. La méthode d'Euler dans les programmes de mathématiques et de physique

2.1. Le programme mathématiques en première scientifique

La méthode s'applique au cas de construction point par point des courbes de fonctions *f* définies par une relation du type $y' = f(t)$, qui est un cas simple d'équation différentielle dont les solutions exactes peuvent éventuellement s'obtenir par « primitivation » de *f,* supposée dérivable.

2.2. Le programme de mathématiques en terminale S

La méthode d'Euler apparaît à la fois lors de l'étude de la fonction exponentielle et dans le cadre du traitement des équations différentielles linéaires du premier ordre (où une part importante est accordée à l'interaction mathématiques-physique).

> *Étude de l'équation f' = k f.*
>
> *…*
>
> *On construira avec la méthode d'Euler introduite en première des représentations graphiques approchées de f dans le cas k = 1 ; on comparera divers tracés obtenus avec des pas de plus en plus petits.*
>
> *...*
>
> *Ce travail se fera très tôt dans l'année car il est central dans le programme de mathématiques et de physique. Il fournit un premier contact avec la notion d'équation différentielle et montre comment étudier une fonction dont on ne connaît pas une formule explicite.*
>
> *La méthode d'Euler fait apparaître une suite géométrique et donne l'idée que l'exponentielle est l'analogue continue de la notion de suite géométrique, ce que l'équation fonctionnelle confirme.*

Extrait de programme des mathématiques de terminale S (BO hors-série n°4, 30 août 2001. p. 63-72.)

[2] Certains n'ont pas fait l'objet d'une réédition depuis 2002 (ou d'une nouvelle collection)

Dans le document d'accompagnement, les étapes de la mise en œuvre de la méthode sont explicitement données :

> *« En continuité avec le travail fait en première, on peut utiliser la méthode d'Euler pour avoir l'allure du graphe sur l'intervalle [0, t] de la fonction dérivable f vérifiant f' = f,*
> *f(0) = 1. Pour cela, on discrétise l'intervalle [0, t] en n intervalles d'amplitude t/n, et on trace entre 0 et t le graphe d'une fonction affine par morceaux, obtenu en reliant par des segments les points (kt/n, y_k), k = 0,…,n, avec y_0 = 1 et $y_{k+1} = y_k\,(1+ t/n)$*
>
> *soit : $y_k = (1+ t/n)^k$, k = 0,…, n en particulier $y_n = (1+t/n)^n$ »*

Extrait du document d'accompagnement de mathématiques, CNDP 2001, p. 77.

Notons d'abord ici une difficulté dans la relation mathématiques-physique : la fonction affine par morceaux obtenue est une fonction continue[3] ! … Cela pose un problème par rapport à la « discrétisation », et notamment au regard de la physique qui, elle, travaille quasiment exclusivement avec des ensembles finis de points (expérimentaux) sur lesquels on ne fait (surtout) pas d'interpolation[4]. (Si l'on exclut les algorithmes de lissage lors des traitements des données par des tableurs spécialisés).

2.3. Le programme de physique de terminale S

Les commentaires de ce programme dans sa partie « introduction » et « contenus et connaissances exigibles » montrent l'importance accordée à la méthode d'Euler. Son rôle y apparaît clairement : elle doit permettre la résolution numérique (approchée) d'une équation différentielle qui modélise un phénomène physique. Le principe et la fonction de la méthode d'Euler font donc partie des connaissances exigibles des élèves.

Au niveau du document d'accompagnement, la méthode d'Euler apparaît dans de nombreux textes, soit en tant que sujet même, soit comme méthode citée pour l'étude de tel ou tel domaine.

Un exemple proposé porte sur la chute verticale d'un solide dans un fluide. En particulier, si la vitesse n'est pas suffisamment faible, le modèle de la force de résistance exercée par le fluide est de type kv^2. L'équation différentielle alors obtenue est de la forme $dv/dt = A - Bv^2$, où *A* et *B* sont des paramètres qui dépendent du système. Ce type d'équation différentielle n'est pas au programme en mathématiques. L'application de la méthode d'Euler dans ce cas –affirme le Groupe d'Experts pour les Programmes Scolaires (GEPS) – prend alors toute sa valeur car elle permet la résolution de ce type d'équations différentielles.

La situation évoquée ci-dessus s'inscrit dans un contexte expérimental. L'activité concerne la chute verticale d'un solide dans un fluide. Le but visé est la validation d'un modèle pour la force de frottement fluide : celle-ci peut *a priori* être modélisée par une expression « en kv » ou « en kv^2 », à l'exclusion de toute autre. On considère que le modèle choisi est conforme lorsque

[3] On n'écrit pas ladite fonction, et donc la continuité est "graphique".

[4] Ce qui représente une difficulté bien connue pour les élèves : sur un ensemble de points présentant une tendance à l'alignement, on peut tracer une droite "moyenne" (approximant un nuage des points) qui ne passe par aucun point !

l'approximation de la courbe théorique obtenue à l'aide de la méthode d'Euler est « proche » de la courbe expérimentale, c'est-à-dire de la représentation graphique (nuage de points) des valeurs expérimentales.

On voit là un élargissement du rôle de la méthode d'Euler, si on compare à ce qui se fait dans la classe de mathématiques. La méthode doit, non seulement permettre la construction d'une courbe approchée, mais aussi permettre de décider du choix du modèle des forces de frottement. Cette extension n'est pas sans conséquences, comme nous le verrons par la suite.

3. La Méthode d'Euler dans les manuels de mathématiques

Nous présentons ci-dessous quelques éléments caractéristiques relatifs à l'introduction et à l'utilisation de la méthode d'Euler dans les manuels de mathématiques de terminale S[5].

Mode d'introduction : technique de construction graphique

On note tout d'abord qu'un ouvrage (REPÈRE 2006) ne fait aucune référence à la méthode d'Euler. Dans cinq des sept manuels analysés, la méthode d'Euler apparaît dans la partie « Introduction » comme une *technique de construction graphique d'une courbe* de fonction définie par $f' = f$ avec $f(0) = 1$ - c'est-à-dire permettant de construire une courbe approchée de l'exponentielle, conformément au programme - mais sans nécessairement faire un rappel de ce qui a été abordé en première.

De façon générale, les situations étudiées sont toutes de nature intra-mathématique et la relation avec la physique (ou d'autres disciplines comme la biologie) n'est pas faite. On trouve toutefois (TRANSMATH 2006, P. 65) une mention de l'intérêt futur de la méthode par rapport à son utilisation en physique, sans toutefois fournir de situations de la physique :

> *« Le but de ce TD est de se familiariser avec la méthode d'Euler qui sera utilisée en physique pour construire des solutions approchées du type f'(x) = g(x) où f est l'inconnue ».*

Un manuel (INDICE 2006) présente cependant trois activités sur la méthode d'Euler, issues de la physique, pour introduire la fonction exponentielle.

Pour ce qui concerne les outils mis en œuvre, c'est le tableur qui est largement privilégié. Les étapes de la mise en œuvre de la méthode sont données. Elles consistent en général à établir une suite « régulière » (x_i) de points (c'est-à-dire à pas constant). La représentation graphique est alors construite, sous la forme de la ligne polygonale constituée des points (x_i, $f(x_i)$) reliés par des segments de droite. La « courbe » point par point discrète (c'est-à-dire dont les points ne sont pas reliés) n'apparaît que dans un seul manuel (TRANSMATH 2006).

4. place de la méthode d'Euler dans les manuels de physique[6]

4.1. Comment la méthode est présentée

Suivant les ouvrages, la méthode est présentée comme une méthode « d'intégration numérique » (sans pour autant que l'expression elle-même soit

---

[5] Nous avons choisi d'analyser les manuels HYPERBOLE, TRANSMATH, DECLIC, MATH'X, FRACTALE, REPÈRE, INDICE en raison de leur utilisation fréquente dans les lycées.

[6] Collections : PARISI, SIRIUS, HELIOS, DURANDEAU/MAUHOURAT MICROMEGA, GALILEO, TOMASINO

définie), ou une méthode « pas à pas » de « résolution numérique », alternative à la résolution analytique. C'est dans le TOMASINO (NATHAN) que l'on trouve une explicitation de l'expression « résoudre numériquement » :

> *Plutôt que de rechercher l'expression mathématique de la fonction… on se propose de résoudre numériquement … c'est-à-dire d'utiliser une méthode qui consiste à obtenir les valeurs approchées … et d'en déduire la représentation graphique. On utilise la méthode d'Euler.*

Et chez BELIN (PARISI) l'évocation de l'existence d'autres méthodes :

> *La méthode d'Euler donne une solution numérique approchée d'une équation différentielle. Il existe des méthodes numériques beaucoup plus performantes, mais celle d'Euler présente l'avantage d'une programmation très simple. La méthode d'Euler est une méthode numérique permettant de donner une solution approchée de l'équation différentielle....*

Mais rien n'est explicitement dit quant aux deux caractéristiques essentielles *de la méthode* : 1° que l'on fait une succession d'approximations *qui se cumulent*, et 2° que l'on n'obtient pas une fonction définie sur un intervalle, mais une *suite* finie de valeurs numériques.

Dans de nombreux cas, aucune justification n'est donnée et la présentation est directement celle du principe de mise en œuvre et ce, sans référence aux mathématiques !

> *On souhaite calculer numériquement .... à l'aide des conditions initiales et de l'équation différentielle...*
>
> *A une date t_i, on note z_i la position, v_i la vitesse et a_i l'accélération.*
>
> *On découpe le temps en intervalles égaux Δt, $t_{i+1} = t_i + \Delta t$*

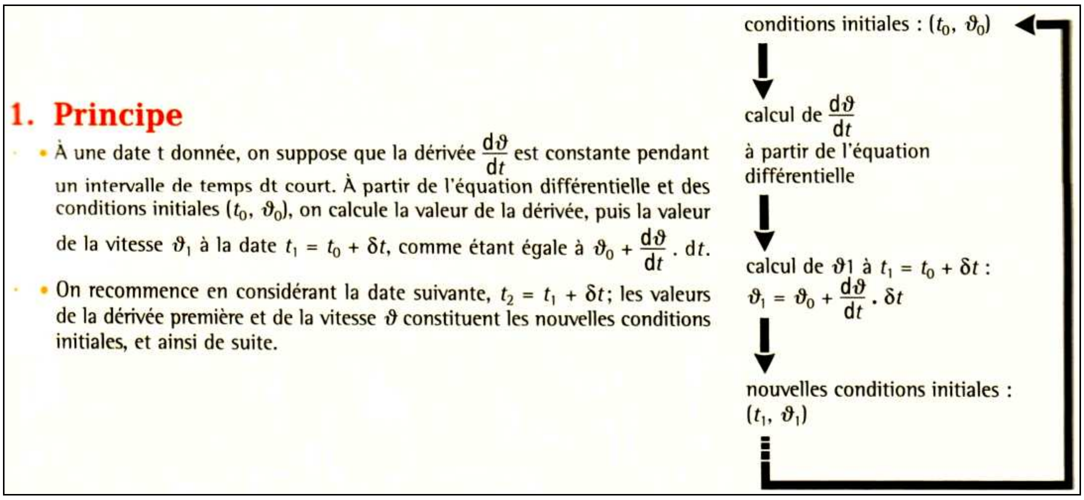
Ce qui retient enfin globalement notre attention, c'est que dans aucun ouvrage il n'est fait *référence aux connaissances de mathématiques…*hormis le manuel SIRIUS qui présente en annexe, à la fin de l'ouvrage, des fiches méthodes.

Dans de nombreux ouvrages, la question fondamentale de l'approximation et de la discrétisation est éludée, et, hormis le BRÉAL, aucune justification ni mathématique en liaison avec la dérivée (mot parfois évité et remplacé par « relation mathématique » !), ni « physique », ni en liaison avec la définition de la vitesse (dont on dit qu'elle est constante dans l'intervalle). Les « justifications » doivent parfois apparaître comme particulièrement sibyllines aux élèves, tel le point de départ suivant[7] :

> *A la date $t + \varepsilon$, ε étant très petit $v(t + \varepsilon) = v(t) + \varepsilon\dot{v}(t)$*

Pour ce qui concerne les notations, le lien n'est généralement pas fait avec les définitions données antérieurement, les notations ne sont pas les mêmes, et parfois, à l'intérieur même du développement des « explications » :

[7] Dont on ne sait alors s'il est une évocation d'un développement limité (hors programme) ou une autre écriture de l'approximation affine présentée plus haut.



1. Principe

- À une date t donnée, on suppose que la dérivée $\frac{d\vartheta}{dt}$ est constante pendant un intervalle de temps dt court. À partir de l'équation différentielle et des conditions initiales (t_0, ϑ_0), on calcule la valeur de la dérivée, puis la valeur de la vitesse ϑ_1 à la date $t_1 = t_0 + \delta t$, comme étant égale à $\vartheta_0 + \frac{d\vartheta}{dt} \cdot dt$.
- On recommence en considérant la date suivante, $t_2 = t_1 + \delta t$; les valeurs de la dérivée première et de la vitesse ϑ constituent les nouvelles conditions initiales, et ainsi de suite.

Extrait du manuel Terminale S, HACHETTE, coll. HELIOS, 2002.

On note une valse des notations puisque le « *dt* » est utilisé à la fois dans l'expression symbolique *dv/dt*, mais aussi comme intervalle, avec des intrusions de δt qui désigne le pas du futur calcul, tandis que l'intervalle entre les moments des mesures utilisé par ailleurs est noté Δt.

La mention « approchée » ou « approximative » est généralement donnée, mais sans que soit toujours bien explicité où se situe l'approximation et quelle est sa nature ; les relations sont données avec le signe d'égalité et le signe d'approximation et, dans tous les cas, c'est le mot « résolution » qui est utilisé.

> *À condition de choisir δt suffisamment petit, on peut écrire qu'on a pratiquement* $av + b = \frac{\delta v}{\delta t}$*, δv est la variation de la valeur de la vitesse pendant la durée δt.*

Pourtant il était possible *a priori* de traiter cette question du point de vue formel (lien avec dérivée et approximation affine), numérique (avec comparaison à la solution exacte), graphique (avec la représentation de la méthode d'Euler sur le champ de tangentes) et langage naturel (en évitant le verbe « résoudre »).

4.2. Importance des outils informatiques

Le recours à un tableur pour le traitement des équations différentielles par la méthode d'Euler apparaît dans tous les ouvrages analysés. Les raisons du choix de cet outil ne sont pas explicitées dans la plupart (6 sur 7) de ces ouvrages, hormis DURANDEAU qui évoque « le gain de temps » comme principale raison. En effet, le logiciel possède des fonctionnalités qui permettent de réaliser un grand nombre de calculs en peu de temps. Il permet aussi de superposer plusieurs courbes obtenues en faisant varier le pas dans la méthode d'Euler. Cependant, le travail de construction que permet le logiciel se résume à remplir un tableau numérique et à afficher une courbe. Souvent les courbes obtenues (point par point ou continues) ne sont pas exploitées. On peut aussi regretter le fait qu'il n'y ait généralement pas de situations où l'on demande la construction, dans un même graphique, de la courbe expérimentale, des courbes obtenues par la méthode d'Euler (avec différents pas) et de la courbe théorique exacte, quand elle existe.

Ainsi, ce qui ressort des manuels concernant l'utilisation des outils informatiques (tableurs) c'est une mise en évidence de l'importance de ces outils dans la rapidité des calculs, et non une mise en valeur de l'articulation entre le cours de mathématiques et celui de physique.

5. Conclusion

Les équations différentielles constituent l'une des interfaces entre les mathématiques et les sciences expérimentales dont la mise en œuvre dans les manuels ne va pas sans difficultés. La continuité didactique, prônée par les programmes des deux disciplines, se heurte à de nombreux obstacles qui apparaissent dans les manuels scolaires. C'est le cas de la méthode d'Euler, introduite dans les programmes actuels pour renforcer les liens entre les des deux disciplines.

5.1. La méthode d'Euler en mathématiques et en physique

Les manuels scolaires de mathématiques et de physique ont suivi à la lettre les instructions des programmes respectifs de leur discipline. Le tableau comparatif ci-dessus résume les éléments issus de notre analyse.

S'agissant du statut de la méthode d'Euler, cette méthode est introduite en mathématiques pour permettre la construction de courbes approchées de l'exponentielle. En physique, cependant, nous avons pu constater que cette méthode revêt en fait deux statuts : méthode de résolution numérique d'une équation différentielle et outil de validation de modèle (en l'occurrence des frottements). Les manuels tentent de justifier le recours à la résolution numérique par le fait que la résolution analytique ne permet pas de résoudre certains types d'équations différentielles. À ce sujet, on peut constater un écart sur le vocabulaire : on ne parle de « résolution numérique » qu'en physique et presque jamais en mathématiques[8].

	Mathématiques	**Physique**
Lieu d'apparition	fonction exponentielle dans la plupart des cas et rarement dans l'étude des équations différentielles	Étude de la chute verticale avec frottements (souvent dans le cas des forces en kv^n)
Place	Très importante pour introduire la fonction exponentielle (activité et cours), mais quasiment nulle dans les exercices	Très importante pour le traitement numérique des équations différentielles de type : $dv/dt = A - Bv^n$
Statut	- méthode de construction de courbes approchées	- méthode numérique de résolution d'une équation différentielle et de construction graphique - outil de validation du modèle (kv^n)
Lien avec l'autre discipline	Aucun (sauf dans 1 manuel sur 7)	Aucun sauf dans un manuel
Outils	papier/crayon, tableur-	Papier/crayon (rarement),

[8] Où on utilise plutôt « résolution approchée ».

	grapheur, (rarement papier millimétré)	tableur-grapheur
Importance du pas de calcul	souvent explicitée (variation de la valeur du pas et construction dans un même graphique de plusieurs courbes obtenues avec des pas différents)	souvent implicite ; rarement mis en relation avec le temps caractéristique.
Connaissances mathématiques	Approximation affine, suite, dérivée, fonction exponentielle, équation différentielle du premier ordre (rarement)	dérivée (associée à la notion de vitesse ou d'accélération), dérivée symétrique, équation différentielle (linéaires et) non-linéaires.

Tableau comparatif sur l'analyse de la méthode d'Euler en mathématiques et en physique.

On peut résumer en disant que la méthode d'Euler en mathématiques appartient à un champ théorique (par nature) tandis qu'en physique, la méthode d'Euler est située dans le champ expérimental (donc en porte-à-faux entre théorie et observation).

À ce niveau de l'analyse, on est amené à constater que ces enseignements, non seulement s'ignorent, mais conduisent à l'impression *qu'il y a deux méthodes d'Euler différentes !* On s'interroge alors sur la tâche de mise en relation implicitement dévolue à l'élève.

5.2. Euler, les équations différentielles et les TICE

Pour ce qui concerne la physique, la méthode d'Euler a, en quelque sorte, éclipsé la notion même d'équation différentielle du 1er ordre, en tout cas a créé une association compacte. En témoignent les nombreux articles publiés aussi bien dans des revues de didactiques des mathématiques que de physique concernant les équations différentielles, tous centrés sur la mise en œuvre de méthodes numériques, que ce soit sur calculette ou sur tableur, alors que l'enjeu didactique est tout aussi important au niveau du concept même et de la mise en relation des mathématiques et de la physique (Malonga *et al.* 2008).

Par ailleurs, les questionnaires que nous avons collectés auprès d'enseignants de physique et de mathématiques (50 dans chaque discipline) montrent que le « succès » de la méthode d'Euler en physique repose sur des arguments essentiellement techniques (intérêt de l'outil informatique, par ailleurs déjà bien implanté dans les activités en physique-chimie[9]) et que du côté des mathématiques c'est plutôt une réticence que nous avons constatée, avec d'un côté une approche légitimée en fait par l'autre discipline et de l'autre la difficulté supplémentaire apportée par l'outil informatique, moins répandu (tout au moins en analyse)[10]…

[9] Cf. *Outils informatiques d'investigation scientifique*, UdP-INRP, 1995

[10] Notre questionnaire montre aussi la difficulté d'échanges et de concertation entre enseignants de physique et de mathématiques, même si dans quelques établissements un travail de coordination des enseignements est mis en place.

Références

TRIGEASSOU, J.-C., & BEAUFILS, D. (1991). Analyse de données, méthodes numériques et sciences physiques. *Le Bup*, n° 731.

GOUY, M. (2003). Résolution par la méthode d'Euler de l'équation différentielle. *Le Bup*, n° 858.

DOUCEMENT, M. (2003). À propos de la méthode d'Euler. *Le Bup*, n° 858.

GAVALAND M. & MESMIN A. (2006). Harmonisation et cohérence d'une approche bi disciplinaire maths - physique en classe de terminale scientifique (partie 2), Le Bup, n° 880.

COSTE R. (2004). Résolution numérique d'équations différentielles en série S : la méthode d'Euler. *Bulletin de l'APMEP* n° 450.

COSTE, R., PITHON, N. & WINTHER, J., (2004). La liaison mathématiques-physique en classe de terminale S : trois exemples d'activités autour des équations différentielles. *Bulletin de l'APMEP*, n° 452.

WINTHER, J. & COSTE, R. (2004). Les équations différentielles en terminale scientifique. *Bulletin de l'APMEP*, n° 450.

Autres références :

BO HORS-SERIE N°4, 30 AOUT 2001. Programme de l'enseignement des mathématiques en classe terminale de la série scientifique. p. 63-72.

BO HORS-SERIE N°4, 30 AOUT 2001. Physique-chimie, classe de terminale scientifique. p. 74-89.

MALONGA F. (2008). L'enseignement des équations différentielles à l'interface mathématiques - physique dans l'enseignement secondaire français. *In* N. Bednarz, C. Mary (Eds). *L'enseignement des mathématiques face aux défis de l'école et des communautés. Actes du colloque international espace mathématique francophone.* Sherbrooke (Canada) : Éditions du CRP.

MALONGA F., BEAUFILS D. & PARZYSZ B. (2008). Les équations différentielles du premier ordre en physique en terminale S : le lien avec les mathématiques en question. *Le Bup*, n° 904.

VERGNAUD, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherche en didactique des mathématiques*, Vol. 10, 2-3. La Pensée Sauvage : Grenoble. 133-170.

Annexe

Éléments d'une enquête auprès d'enseignants de mathématiques et de physique

Enseignants de physique

Combien de temps (en heures) consacrez-vous à la méthode d'Euler ?

La plupart des enseignants abordent la méthode d'Euler en cours et/ou en travaux dirigés ou en travaux pratiques, avec une disparité sur le temps consacré. En effet, nous comptons 11 enseignants (sur 50) qui y consacrent moins d'une heure et demi, 19 entre 2 et 4 h, et 6 qui lui accordent plus de 6 heures. Par ailleurs, c'est sous forme de TP ou d'exercices que la majorité d'enseignants consacrent du temps à ce sujet.

Utilisez-vous des moyens informatiques lorsque vous traitez des équations différentielles ?

Les enseignants interrogés utilisent tous (sauf 1) les outils informatisés. Tous ont accès à l'ordinateur et l'utilisent pour le traitement des équations différentielles. 14 utilisent en plus la calculatrice.

Les moyens informatisés permettent a priori une nouvelle approche et/ou un nouveau regard sur les équations différentielles. Pensez-vous que ceci constitue plutôt une aide ou plutôt une difficulté supplémentaire : Pour l'enseignant / pour l'élève ?

Pour ce qui concerne l'enseignant, les réponses donnent un résultat "mitigé", les avis étant partagés et 29 réponses disant même que ces outils peuvent être soit une aide, soit une difficulté… Les arguments positifs sont techniques (rapidité sur le traitement des données, multiplication des exemples) et didactiques (superposition des courbes, choix du pas de calcul et validation de modèle), les difficultés signalées étant liées à la maîtrise des outils.

Pour ce qui concerne les élèves, les avis sont plutôt positifs, et les arguments sont du même type que ceux évoqués ci-dessus. Les difficultés évoquées sont là aussi celles liées à une absence de "maîtrise informatique". On peut ici s'étonner de l'absence de considérations quant aux difficultés liées au "traitement numérique" proprement dit.

Enseignants de mathématiques

Combien de temps (en heures) consacrez-vous à la méthode d'Euler ?

Pour cette question, 44 enseignants (sur 50) répondent qu'ils traitent la méthode d'Euler, 2 enseignants ne la traitent pas et 6 enseignants n'ont pas répondu à cette question.

Le temps consacré à la méthode d'Euler varie considérablement selon les enseignants. On trouve une durée minimale de 0,5h réalisée par 4 enseignants et un maximum de 6 heures (1 enseignant). Cette disparité semble traduire l’importance accordée à la méthode d’Euler pour introduire la fonction exponentielle ; il y a 25 enseignants (plus de la moitié) qui y passent moins de 2 heures alors qu’il y en a 19 qui y consacrent entre 2 heures et 6 heures. Pour ce qui est des 6 non réponses, on peut supposer que ces enseignants ne traitent pas la méthode d’Euler.

Il apparaît donc que l’enseignement de la méthode d’Euler suscite peu d’enthousiasme chez les professeurs de mathématiques, et ceux qui l'enseignent la considère comme une méthode difficile pour l’élève car elle repose sur une problématique de "l’approché" qui n’est pas enseignée en Terminale : les élèves ont du mal à maîtriser la notion d’approximation affine, sans laquelle la compréhension de la méthode, telle qu’elle s’enseigne, s’avère impossible.

De plus, les remarques des professeurs portent sur la formation aux outils informatiques, sur le peu d’accompagnement (documentations, formation continue, …) et sur l’articulation mathématiques-physique.

Utilisez-vous des moyens informatiques lorsque vous traitez des équations différentielles ?

La plupart des enseignants interrogés (39) utilisent l’ordinateur. Parmi eux, 13 utilisent en plus la calculatrice. Les exemples d’utilisation des moyens informatisés le plus cité, relativement à l’enseignement des équations différentielles, est la construction d’une courbe approchée pour la fonction exponentielle, ainsi que la visualisation des courbes solutions de l’équation différentielle $y' = ay + b$ en utilisant la méthode d’Euler. Onze enseignants n’ont pas répondu à cette question.

Les moyens informatisés permettent a priori une nouvelle approche et/ou un nouveau regard sur les équations différentielles. Pensez-vous que ceci constitue plutôt une aide ou plutôt une difficulté supplémentaire : Pour l’enseignant / pour l’élève ?

Trente-cinq enseignants répondent que c’est une aide pour les élèves, mais seulement vingt pensent que ces outils constituent une aide pour les enseignants, les raisons étant alors de nature technique (rapidité de traitement qui permet de multiplier des exemples) et didactiques (la superposition des courbes-solutions, représentation de la courbe approchée de la fonction exponentielle). Pour ceux qui considèrent qu'ils constituent une difficulté : 15 réponses pour les enseignants (problème de maîtrise de ces outils, perte de temps) et 5 réponses pour les élèves (pas de pratique courante de ces outils) sachant que par ailleurs 10 enseignants n'ont pas répondu et que 16 réponses relativisent le bénéfice de l'utilisation de ces outils.