Pluralités culturelles et universalité des mathématiques : enjeux et perspectives pour leur enseignement et leur apprentissage

espace mathématique francophone
Alger : 10-14 Octobre 2015

DIFFICULTES CONCEPTUELLES D'ETUDIANTS DE PREMIERE ANNEE D'UNIVERSITE FACE A LA NOTION DE CONVERGENCE DES SUITES NUMERIQUES

Bouchra LITIM* – Moncef ZAKI** – Amina BENBACHIR***

Résumé – Dans le présent travail, nous nous sommes intéressés aux difficultés rencontrées par les étudiants de première année universitaire face à la notion de convergence de suites numérique. L'analyse de productions à un examen de fin de semestre, de toute une promotion d'étudiants inscrits dans les filières SMA et SMI à tendance « mathématique », a révélé beaucoup de difficultés trouvant leurs origines dans des conceptions antérieures erronées, dans le changement de contrat didactique lors de la transition secondaire-supérieur, dans la transposition didactique des enseignements, et de manière plus spécifique dans le caractère « FUG » que revêt la notion de convergence de suites numériques. L'analyse et l'interprétation des productions des étudiants, nous ont conduit à conclure que l'enseignement traditionnel de type cours magistral et travaux dirigés était mal adapté à l'enseignement des suites numériques. Ainsi, nous avons envisagé dans l'avenir de concevoir une ingénierie didactique de type « débat scientifique », inspirées des erreurs et difficultés rencontrées par les étudiants ayant fait l'objet de la présente expérimentation.

Mots clés : Convergence, université, difficultés, conception, transition secondaire-supérieur

Abstract – In the present work, we were interested in the difficulties met by students in first scientific years of university in the face of the notion of convergence of numerical sequences. The analysis of productions in exams at the end of the first half for students of sectors Sciences Mathematics and Applications (MSA) and Mathematics and Computer Science (MSC), revealed many difficulties finding their origins in previous erroneous conceptions, in the change of didactic contract during the transition Secondary-university, in the didactic transposition of teachings and in a more specific manner in the nature" FUG" of the notion of convergence of numerical sequences .The analysis and the interpretation of the productions of the students, led to us to conclude that the traditional teaching was not adapted to teaching the numerical sequences. So, we envisaged in the future to conceive didactic engineering of type" scientific debate" , based on the installation of the didactic situations, inspired of the errors and difficulties encountered by the students having been the subject of the present experimentation

Keywords: Convergence, university, conception, difficulties, transition secondary- university

* Université Sidi Mohammed Ben Abdellah – Maroc – b.litim@hotmail.com
** Université Sidi Mohammed Ben Abdellah – Maroc –ambenbachir@yahoo.fr
*** Université Sidi Mohammed Ben Abdellah – Maroc –zaki.moncef@yahoo.fr

Litim B., Zaki M., Benbachir A. (2015) Difficultés conceptuelles d'étudiants de première année d'université face à la notion de convergence des suites numériques. In Theis L. (Ed.) *Pluralités culturelles et universalité des mathématiques : enjeux et perspectives pour leur enseignement et leur apprentissage* – Actes du colloque EMF2015 – GT7, pp. 677-686.

I. INTRODUCTION ET PROBLÉMATIQUE

La notion de convergence de suites numériques tient une place fondamentale dans l'analyse mathématique, l'enseignement des suites commence dès la 2ème année du lycée (structure similaire au système français) et se poursuit tout au long des études universitaires. Cette notion est d'autant importante pour des étudiants qui sont inscrits en première année d'une filière mathématique, puisqu'ils doivent réinvestir cette notion dans plusieurs situations d'analyse mathématique, notamment lors de l'étude de la topologie de la droite réelle (valeurs d'adhérence) ou encore pour l'étude de la continuité d'une fonction à variable réelle.

De nombreuses recherches en didactique des mathématiques se sont intéressées à cette notion ; celles de Robert (1982, 1983) et de Boschet (1983) en constituent les premiers travaux, qui ont très rapidement pointé le fait que les étudiants ont beaucoup de difficultés à maîtriser cette notion.

Le présent travail s'inscrit à son tour dans cette problématique : nous cherchons à identifier les difficultés et les erreurs de nos étudiants dans leurs traitements de la convergence des suites numériques. Cette problématique s'inscrit en fait dans une autre qui est plus large, à savoir la mise en place de situations didactiques portant sur la notion de convergence de suites numérique dans le cadre d'un débat scientifique auprès des étudiants (Litim, Benbachir & Zaki 2014, à paraître). Dans le cas présent, l'étude portera essentiellement sur les difficultés rencontrées par les étudiants à travers l'analyse de leurs productions à propos d'un exercice sur les suites numériques, lors d'une évaluation de fin de semestre d'un module d'analyse. Ainsi, nous tenterons de répondre aux questions suivantes :

Quelles sont les difficultés éventuelles rencontrées par les étudiants ? Leurs causes ? Et leurs natures ?

Que peut-on tirer de cette étude comme conclusions à propos de l'enseignement de la convergence des suites numériques ?

II. CADRE THEORIQUE : ORIGINES DES DIFFICULTES D'APPRENTISSAGE

1. *Difficultés et contrat didactique*

Les recherches de Brousseau (1978) sur l'échec électif en mathématiques, l'ont conduit à introduire le concept du contrat didactique comme une éventuelle cause de cet échec. Il a alors défini ce contrat en termes d'habitudes (spécifiques) du maître attendues par l'élève et les comportements de l'élève attendus par le maître. D'après Brousseau, certains contrats didactiques favoriseraient le fonctionnement spécifique des connaissances à acquérir et d'autres non, et que certains élèves pourraient donc éventuellement en tirer bénéfice à travers une formation convenable. (Brousseau 1980).

Ainsi, d'après cette approche didactique, une modification du contrat didactique peut constituer une solution possible à l'échec en mathématiques.

2. *Difficultés et transposition didactique*

> Un contenu de savoir ayant été désigné comme savoir à enseigner subit dès lors un ensemble de transformations adaptatives qui vont le rendre apte à prendre place parmi les objets d'enseignement. Le (travail) qui, d'un objet de savoir à enseigner, fait un objet d'enseignement est appelé la transposition didactique. (Chevallard 1985, p. 39)

Ainsi, à travers la transposition didactique, Chevallard pose le problème d'adaptation du savoir à enseigner (savant) au savoir enseigné. Il souligne que la distance, souvent considérable, entre le savoir savant et le savoir enseigné peut poser de sérieux problèmes dans l'enseignement.

3. *Difficultés et conceptions*

Les travaux de Brousseau (1983) montrent que l'erreur n'est pas seulement due à l'ignorance, à l'incertitude ou au hasard, comme cela est souvent présenté dans les théories empiristes ou béhavioristes de l'apprentissage, mais l'effet d'une connaissance antérieure qui a été engagée avec quelques succès dans une famille d'actions, et qui se révèle fausse ou inadaptée dans d'autres situations. Une telle conception sera difficile à éliminer, et fera alors obstacle devant tout nouvel apprentissage.

Ainsi, les conceptions antérieures tiennent une place fondamentale dans l'acquisition d'un nouveau savoir. Par conséquent, l'analyse des conceptions des apprenants peut aussi contribuer à déceler les obstacles rencontrés.

4. *Difficultés conceptuelles liées à l'enseignement et l'apprentissage de la convergence des suites numériques*

Certaines notions en mathématique possèdent à la fois des caractères formalisateurs, généralisateurs et unificateurs, que Vanderbrouck (2008) note par le sigle « FUG ».

La notion de convergence des suites numériques en est un exemple parfait. En effet, de par sa nature « FUG », cette notion provoque des difficultés d'enseignement et d'apprentissage auprès des étudiants (Robert 1998). à l'université marocaine , la notion de convergence des suites numériques est présentée de façon formelle, avec des définitions qui mettent en jeu des connaissances de logique en présence de quantificateurs et d'implications, qui souvent, n'ont jamais fait l'objet d'un enseignement spécifique au lycée comme c'est le cas en Tunisie (Chelougui 2004) Les travaux dirigés exigent un ensemble de techniques :

- Des raisonnements déductifs, par absurde ….
- Manipulation de la définition en (ε, N), que les enseignants du supérieur supposent qu'il est assez manipulé au secondaire, ce qui n'est pas le cas.

Nous pensons que ces activités pédagogiques qui ne prennent pas en compte la nature FUG de la convergence des suites numérique contribuent à renforcer les difficultés.

Les travaux de Robert (1982, 1983, 1990, 1998) sur l'acquisition de la notion de convergence des suites numériques auprès des étudiants de l'université et des élèves de classes préparatoires aux grandes écoles, a aussi révélé trois grands types de représentations : dynamiques, statiques et monotones. Il s'est avéré que les étudiants qui ont une représentation statique, sont ceux qui arrivent à réaliser de bonnes performances, contrairement à ceux qui utilisent un modèle monotone, et qui présentent d'énormes difficultés. Robert a par ailleurs souligné une difficulté majeure dans le traitement des suites numériques, à savoir le fait que certains étudiants ont des difficultés à prendre en compte le caractère variable de l'indice n d'une suite numérique.

III. METHODOLOGIE

Notre expérimentation a été réalisée en février 2011 auprès d'étudiants de première année d'université inscrits dans deux filières de licences fondamentales : Sciences Mathématiques et Applications (SMA) et Sciences Mathématiques et Informatique (SMI). Ces étudiants ont tous suivi durant le premier semestre un enseignement classique d'analyse (module d'analyse), où les suites numériques ont été introduites de manière formelle, à l'aide de définitions en ε et N, accompagnées de tous les théorèmes de base concernant la convergence de suites numériques. Durant ce semestre, les enseignements étaient répartis en cours magistraux (deux fois 2h en amphi hebdomadaires) et travaux dirigés (trois fois 1h30 hebdomadaires en groupes de 80 étudiants).

Suite à l'examen du module d'analyse de fin de semestre, nous avons procédé à l'analyse des productions de l'ensemble des étudiants (330 copies) relatives à l'exercice portant sur les suites numériques. Notre analyse a été à la fois qualitative et quantitative.

IV. ANALYSE APRIORI DU PROBLEME

L'épreuve d'examen comportait trois exercices pour une durée de 4 heures, dont voici l'énoncé de l'exercice portant sur les suites numériques :

Pour tout entier $n \geq 1$ on considère la fonction g_n définie sur $[0,1]$ par :

$$g_n : [0,1] \to R$$
$$x \to \sum_{k=1}^{n} x^k - 1$$

a. Montrer que l'équation $g_n(x) = 0$ admet une solution unique $a_n \in [0,1]$.

b. Monter que la suite $(a_n)_{n\in N^*}$ainsi obtenue est décroissante.

c. En déduire que la suite $(a_n)_{n\in N^*}$est convergente.

d. Montrer que $\lim_{n\to\infty} a_n = \frac{1}{2}$

e. En déduire que l'ensemble $A = \{a_n; n \in N^*\} U \left\{\frac{1}{2}\right\}$est un compact de R

Pour la question a :
On montre que g_n est strictement croissante, continue et vérifie :
$g_n(0) = -1 \quad et g_n(1) > 1$.
Puis on utilise le théorème des valeurs intermédiaires pour conclure.

Pour la question b :
Il suffit de comparer$g_n(a_{n+1}) et g_n(a_n)$ puis d'utiliser la croissance de la fonction g_n.
Cette question demande des sommations.

Pour la question c :
Une déduction facile du fait que (a_n) est décroissante et minorée par 0, puisque c'est un résultat de cours.

Pour la question d :
Il suffit de déduire de $g_n(a_n) = 0$, l'égalité: $2a_n = 1 + a_n^{n+1}$, puis de montrer que $lim_{n\to+\infty} a_n^{n+1} = 0\ etdedéduirelim_{n\to+\infty} a_n = 1/2$. Il faut bien entendu faire attention au caractère variable de n, tout en maîtrisant les résultats du cours.

Pour la question e :
On montre que A est bornée et que toute suite de A admet une valeur d'adhérence. Cette question peut a priori soulever certaines difficultés, puisqu'elle renvoie à des résultats topologiques et à la convergence de suites numériques.

V. ANALYSE DES PRODUCTIONS DES ETUDIANTS

Dans notre analyse, nous nous sommes limités aux questions b, c, d et e, qui sont directement liées à la notion de convergence de suites numériques. Les erreurs rapportées dans l'analyse, sont rédigées telles qu'elles ont été écrites dans les productions des étudiants.

1. *Question b :(Figure 1)*

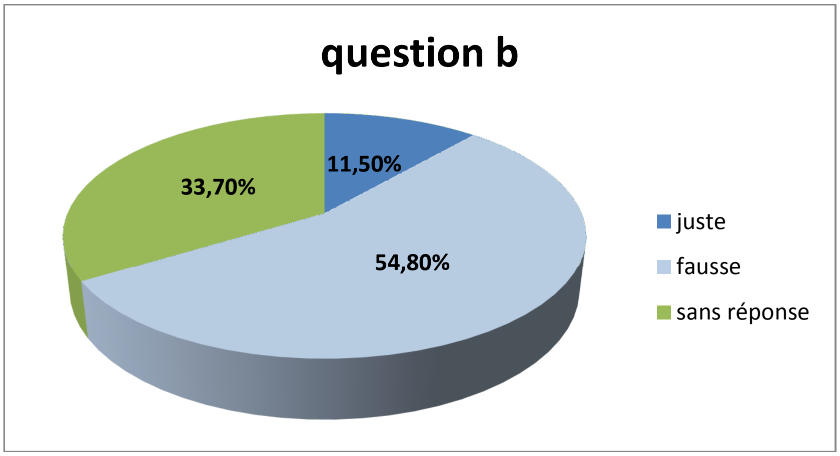

Figure 1 *– Répartition des réponses à la question b*

Sur l'ensemble des copies, 181 étudiants ont donné des réponses fausses, dont 58 qui n'arrivent pas à faire des sommations correctes. En voici quelques exemples :

$$g_{n(a_{n+1})-g_n(a_n)} = \sum_{k=1}^{n+1} a_n^k - \sum_{k=1}^{n} a_n^k = a_n^{n+1}$$

$$g_{n+1(a_{n+1})-g_n(a_n)} = a_{n+1}^k$$

$$\sum_{k=1}^{n} a_n^k = 1 \Rightarrow a_1^1 + a_2^2 + \cdots a_n^n = 0.$$

12 étudiants ont confondu g_n avec g_{n+1}, en faisant : $a_{n+1} \leq a_n$ et puisque g_n est croissante $g_{n+1}(a_{n+1}) \leq g_n(a_n)$.

25 étudiants ont remplacé a_n par :$\sum_k x^k - 1$. L'origine de cette erreur nous a été expliquée grâce à la copie d'un de ces étudiants qui a posé :

$$g_{n+1}(x) = (a_{n+1})_{n\geq 1} = \sum_{k=1}^{n+1} x^k - 1$$

$$g_n(x) = (a_n)_{n\in N*} = \sum_{k=1}^{n+1} x^k - 1$$

Cette réponse incohérente révèle des perturbations au niveau de la manipulation des symboles, du sens donné à une suite numérique et une incompréhension de l'énoncé de l'exercice.

Certaines réponses révèlent des difficultés de mise en fonctionnement des inégalités sur R :

$$0 \leq a_n \leq 1 \ \Rightarrow \ 0 \leq \sum_{k=1}^{n} a_n \leq 1$$

$$\sum_{k=1}^{n+1} a_{n+1}^k < \sum_{k=1}^{n} a_n^k \Rightarrow \ a_{n+1} < a_n$$

$$0 \leq a_n \leq 1 \ \ et \ a_n \leq 1 \ \Rightarrow a_{n+1} - a_n \leq 1 - 1 = 0$$

2. *Question c : (Figure 2)*

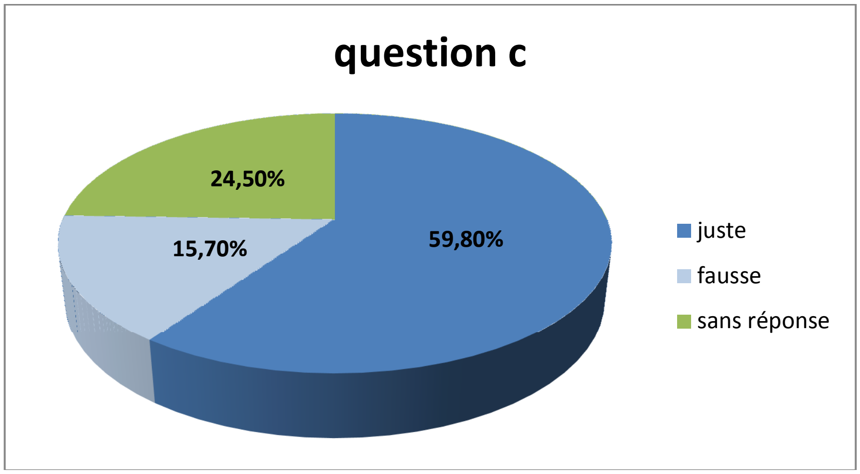

Figure 2 *– Répartition des réponses à la question c*

Nous y avons relevé 81 non réponses et 52 réponses fausses, dont voici quelques erreurs fréquentes :

$a_n \in [0; 1]$, $on\ pose f_n(x) = a_n \in [0; 1]$qui est fermé, borné et atteint ses bornes d'où $a_n \geq inf f_n$ donc (a_n) est minorée !

Confusion entre a_n et (a_n).

$a_n \in [0; 1]$ donc (a_n) est minorée par1.

$$a_n \in [0; 1] \ \ donc\ pour\ \varepsilon = 1 \ \ on\ a\ |a_n| < 1\ et\ |a_n - a_{n-1}| < 1$$

$$alors, \forall\varepsilon > 0, \exists l \in R\ tq : |a_n - l| < \varepsilon.$$

$$a_{n+1} \in [0; 1] \Rightarrow a_{n+1}^{n+1} \to 0$$

a_n est décroissante et continue.

$$\forall\alpha \in [0; 1] - \varepsilon < a_n - \alpha < \varepsilon\ ;$$

$-\varepsilon + \alpha < a_n < \varepsilon + \alpha\ \ donc\ (a_n) est\ convergente.$

$$Pour\ \varepsilon = \frac{1}{2}\ \ \exists n_o \in N\ \forall n > n_o a_n < \frac{1}{2}\ donc\ a_n\ \ est\ convergente.$$

a_n $est\ décroissante\ donc, elle\ est\ minorée, donc\ elle\ est\ convergente.$

a_n est dérivable, décroissante, donc elle est convergente.

3. Question d : (Figure 3)

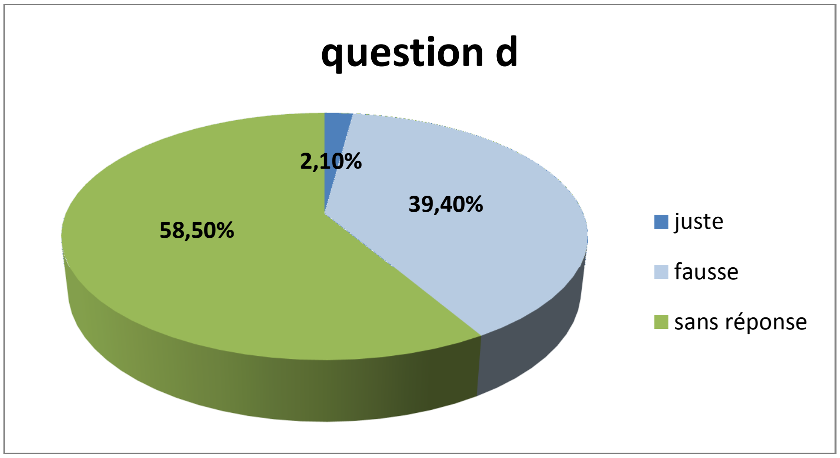

***Figure 3** – Répartition des réponses à la question d*

On y retrouve 131réponses fausses, dont voici quelques erreurs les plus fréquents :

$a_n \geq \frac{1}{2} donc \lim a_n = 1/2.$

On a $a_n est\ convergente \rightarrow \ \forall \varepsilon > 0, \exists n_o \epsilon N tq$:

$$\forall n \geq n_o \Rightarrow |a_n - l| \leq \varepsilon \ \ \Rightarrow l - \varepsilon \leq a_n \leq l + \varepsilon; si\ on\ prend\ \varepsilon = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow l - \frac{1}{2} \leq a_n \leq l + \frac{1}{2} \ \ si\ a_n \epsilon [0;1] \Rightarrow 0 \leq a_n \leq 1 \ \ alors\ l\ vérifie$$

$$l + \frac{1}{2} = 1 \Rightarrow l = \frac{1}{2}$$

$$|g_n(a_n) - g_n(1/2)| = \left|a_n - \frac{1}{2}\right| |g_n| < \left|a_n - \frac{1}{2}\right| < 0$$

$0 \leq a_n \leq 1 \ \Rightarrow \ 0 < lima_n < 1\ donc\ lima_n = 1/2.$

$$a_n\ converge\ vers\ l \in [0;1] \ \Rightarrow 0 \leq l \leq 1$$

$$\forall \varepsilon > 0, In_o \geq 0, n \geq n_o |a_n - l| < \varepsilon\ pour\ \varepsilon = \frac{1}{2}$$

$]l - \varepsilon; l + \varepsilon[\subset [0;1] \Rightarrow l = \frac{1}{2}.$

4. *Question e : (Figure 4)*

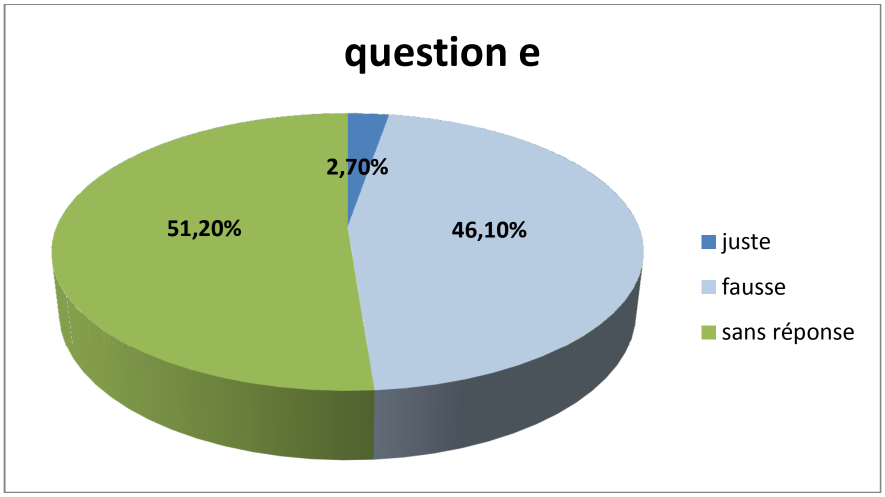

Figure 4 *– Répartition des réponses à la question e*

On y retrouve seulement 9 réponses justes. Voici quelques exemples de réponses fausses les plus fréquentes :

$\{a_n\}$est fermé de R $\Rightarrow a_n \to l$ aussi borné et fermé

A_n est l'adhérence de l'ensemble$\{a_n, n \in N\}$, alors on a d'après le cours les compacts sont les adhérences de R

$$A_n \; est \; born\acute{e} \; 0 \leq A_n \leq 1$$

$\frac{1}{2} - \varepsilon \leq a_n < \frac{1}{2} + \varepsilon$, donc A_n est fermé et borné donc A_n est compact.

$$A_n = [0; 1]$$

$A_n \neq 0$

a_n est fermé et borné.

VI. INTERPRETATION DES REPONSES DES ETUDIANTS

La première remarque frappante est que les étudiants utilisent les résultats du cours de façon imprécise, voire même fausse ; et il arrive même parfois que certains d'entre eux fabriquent des résultats faux dans leurs propres justifications (satisfaction de leur propre convenance) . Nous remarquons aussi une perte de sens de la notion de la suite : a_n est remplacé par $f_n(x)$, a_n est confondu avec (a_n), a_n est fermé, ou encore a_n est dérivable. Ces difficultés relèvent essentiellement de la transposition didactique, mais aussi de difficultés conceptuelles qui sont les résidus de conceptions antérieures erronées.

La définition en (ε, N) est utilisée automatiquement et d'une manière fausse même dans le cas où la question peut être traitée sans le recours à cette définition: Peut s'expliquer par l'utilisation de l'enseignant de la définition dans la résolution de la majorité des exercices, donc du fait du contrat didactique

On note aussi un manque de détails, même pour des réponses justes ; d'ailleurs la remarque « mal rédigé » du correcteur figure sur presque toutes les copies : ici, nous constatons que cette difficulté relève d'une rupture du contrat didactique lors de la transition secondaire-supérieur.

Par ailleurs, les réponses des étudiants nous révèlent de manière précise les éléments suivants :

-Des stratégies incorrectes pour la résolution de l'exercice : cette difficulté peut s'expliquer d'après Charnay (1992), soit par une incapacité chez l'étudiant à récupérer à long terme des procédures dans sa mémoire, soit par une insuffisance, voire une inefficacité du réinvestissement de ses expériences scolaires antérieures. Nous pensons qu'une nouvelle méthode d'enseignement est nécessaire pour permettre aux étudiants de s'approprier une démarche scientifique lors de la résolution de problèmes

-Fabrication des résultats faux dans leurs propres justifications qui révèle la présence de conceptions erronés favorisée par la méthode de l'enseignement classique.
-L'incohérence de quelques réponses révèle des perturbations au niveau de la manipulation des symboles, et une incompréhension de l'énoncé de l'exercice.

-Une perte de sens de la notion qui se manifeste par l'absence de la prise en compte du caractère variable de n dans une suite numérique. Cet oubli traduit implicitement la non prise en compte des étudiants du caractère fonctionnel d'une suite, probablement favorisée par une « négligence » de cet aspect durant l'enseignement, mais aussi par le non recours à des activités faisant appel à des traitements numériques et graphiques utilisant des calculatrices par exemple. Ainsi, nous partageons l'idée de Robert (1990) qui pense que l'origine de ces erreurs est due à l'omission fréquente de la modification de la variable n dans le cours ; elle suppose aussi que l'étudiant considère que « U_n se rapproche de l » veut dire que U_n, avec n fixé, qui est envisagé se déplacer vers l.

-Des difficultés dans la manipulation de la définition en (ε, N), qui sont notamment liées à la non disponibilité de connaissances en logique, et cela particulièrement lors de l'utilisation des quantificateurs donc des difficultés liées à la transposition didactique qui ne prend pas en compte la nature FUG de la convergence des suites numériques et la rupture de plus en plus grande entre le lycée et l'université. Ces difficultés peuvent s'expliquer aussi par les représentations des étudiants sur ce concept (Robert 1983)

Pour bien identifier ces difficultés nous avons élaboré un pré-test l'année suivante avec des questions qui exigent l'utilisation de la définition en (ε, N) (Litim, Benbachir & Zaki 2014).

VII. CONCLUSION

Les résultats de cette expérimentation nous ont conduits à procéder à l'élaboration d'une ingénierie didactique de type « débat scientifique » (Legrand 1993), fondée sur la théorie des situations (Brousseau 1986) et la théorie anthropologique (Chevallard 1991). En effet, l'analyse des erreurs et difficultés relevées dans les productions des étudiants, nous permet d'émettre l'hypothèse forte selon laquelle, le débat scientifique va permettre à l'étudiant de s'impliquer dans la construction de son savoir et de favoriser l'apparition de conflits cognitifs nécessaires à une compréhension plus approfondie.

Le choix du débat scientifique auprès des étudiants a été guidé par une recherche antérieure menée au sein du laboratoire LIRDIST (Benbachir & Zaki 2001), qui a montré que la confrontation de raisonnements d'étudiants lors de résolution de problèmes, a permis de bien identifier les principales difficultés relatives à l'analyse des fonctions en première année d'université, puis de faire progresser les étudiants vers une meilleure maîtrise de cette notion.

REFERENCES

Benbachir A., Zaki M. (2001) Production d'exemples et de contre-exemples en analyse : étude de cas en première année d'université. *Educational Studies in Mathematics* 47, 273–295.

Boshet F. (1983) Les suites numériques comme objet d'enseignement. *Recherches en didactique des mathématiques* (4/2), 141–163.

Brousseau, G. (1978) L'observation des activités didactiques. *Revue Française de pédagogie* 45, 130–139.

Brousseau G. (1983) Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques. *Recherche en didactique des mathématiques* (4/2), 165–198.

Brousseau G. (1986) La théorie des situations, *RDM* (7/2), 33–115: la pensée sauvage.

Brousseau G. (1980) Les échecs électifs dans l'enseignement des mathématiques à l'école élémentaire. *Revue de laryngologie, otologie, rhinlogie* (3/4), 107–131.

Brousseau G. (1984) Le rôle central du contrat didactique dans l'analyse et la construction des situations d'enseignement et d'apprentissage. Actes du colloque de la troisième Université d'été de didactiques des mathématiques d'Olivet.

Charnay R., Mante M. (1992) De l'analyse de l'erreur en mathématiques aux dispositifs de remédiation : quelques pistes, IREM de Grenoble, Université Joseph Fourrier, *Grand N* 48, 37–64

Chellougui F. (2003) Approche didactique de la quantification dans la classe de mathématiques dans l'enseignement tunisien. *Petit x* 61, 11–34.

Chevallard Y. (1985) *La transposition didactique*. Grenoble : La pensée sauvage.

Chevallard Y. (1991) Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique, *Recherches en didactique des mathématiques* (12/1), 73–112.

Legrand M. (1993) Le débat scientifique en cours de mathématiques. *Repères IREM* 10, 123–149

Litim B., Benbachir A. et Zaki M. (2014) Impact of previous conceptions in secondary-university transition: the case of conversion of numerical sequences. *International Journal of Research in Education Methodology* 6(3), 896–903.

Litim B., Benbachir A. et Zaki M. (à paraître) L'apport du débat scientifique au développement du raisonnement mathématique : cas de la convergence des suites numériques en première année d'université. *Revue Africaine de Didactique des Sciences et de Mathématiques.*

Robert A. (1982) Acquisition de la notion de convergence des suites numériques dans l'enseignement supérieur. *Thèse de doctorat d'état de l'Université Paris VII*.

Robert A. (1983) Acquisition de la notion de convergence des suites numériques dans l'enseignement supérieur. *Recherches en didactique des mathématiques*3, 305–341.

Robert A. (1998) Outils d'analyse des contenus mathématiques à enseigner au lycée et à l'université, *Recherche en Didactique des mathématiques* (18/2), 138–190.

Robert A. (1990) L'enseignement de la convergence des suites numériques en DEUG, Enseigner autrement les mathématiques en DEUG première année .Commission INTER IREM université.

Vandebrouck F. (2008) *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants*. Toulouse : Octarès.