

Évaluation de réponses et guidage des apprenants dans un environnement d'apprentissage

The evaluation of the student's answer for the effective guidance within the e-learning system

A.HADDI¹ A.NAJI²

¹ Ecole Supérieure de Technologie Berrechid

² Faculté des Sciences et Techniques Mohammedia

¹Département informatique ESTB, Université Hassan I, BP 218 Berrechid Maroc, Adil.haddi@gmail.com

² Département Informatique FSTM, Université Hassan II, BP 146 Mohammedia 20650 Maroc, ab_naji@yahoo.fr

Résumé :

Nous allons présenter dans cet article une procédure d'évaluation de l'apprenant au sein d'un environnement d'apprentissage. Cette évaluation prend en compte le degré de certitude associé à la réponse par l'apprenant. Le score obtenu suite à cette évaluation reflète le degré de compréhension d'un concept par un apprenant. Nous avons proposé un modèle de contenu pédagogique et un modèle de système de gestion de formation à distance adapté aux problèmes d'évaluation et de guidage des apprenants dans leur apprentissage.

Mots-clés :

Elearning, QCM, Evaluation diagnostique, valeurs floues, degré de certitude, guidage.

Abstract:

In this article, we are going to give a clear presentation of the students' evaluation procedure within a learning environment. The target evaluation considers a certainty degree that is mainly accomplished by the students themselves. Besides, the obtained evaluating score that gives a precise statement about the degree of student comprehension concept. Also, we gave the conception of e-learning system that introduces the evaluation process and guidance.

Keywords:

Elearning, MCQ, evaluation diagnostics, fuzzification, guidance, specification UML, dependency.

1 Instructions générales

Plusieurs méthodes d'évaluation ont été adoptées afin de valider les connaissances acquises par l'apprenant durant une session d'apprentissage. En effet, les enseignants proposent différentes questions afin de mesurer le **degré d'acquisition** des différents concepts d'un cours. Après chaque session

d'apprentissage d'un concept, l'environnement d'apprentissage constitue dynamiquement un QCM à partir des questions associées au concept et évalue le degré d'acquisition de l'apprenant afin de le diriger correctement vers le concept suivant. Pourtant, les scores obtenus suite aux QCMs classiques ne sont pas significatifs car ils ne prennent pas en considération la certitude des apprenants dans leurs réponses. A cet effet, nous proposons une méthode d'évaluation de réponses qui intègre le degré de certitude précisé par des apprenants en pourcentage. Le score est calculé en fonction des degrés de certitude fournis par les apprenants. Or, l'être humain a **l'habitude d'exprimer son doute** par des **valeurs floues** telles que: pas sûr, sûr, très sûr. En fait, l'introduction de la **logique floue**, lors de l'évaluation de l'apprenant devient une nécessité et non seulement un choix. Pourtant, le score obtenu doit être exprimé en nombres réels d'où la nécessité de défuzzification du degré de certitude. En plus de l'introduction, ce papier comporte trois sections : la 2^{ème} section est consacrée à la présentation du modèle de contenu. Dans la 3^{ème} section, nous présentons notre approche d'évaluation qui introduit la logique floue et les certitudes des apprenants dans leurs réponses. Dans la 4^{ème} section, nous proposons une procédure pour guider les apprenants dans leurs apprentissages. Nous terminons par une conclusion et des perspectives.

2 Modèle de contenu Pédagogique

Dans un environnement d'apprentissage, l'objectif principal est de transmettre des connaissances aux apprenants et vérifier leurs degrés d'acquisition. A cet effet, durant cette section, nous présentons un modèle de contenu pédagogique.

Comme le précise Pernin [Pernin et al, 2004], il est important de découper le contenu pédagogique en fragments élémentaires pour assurer un enchaînement pertinent des objets et des concepts pédagogiques. Afin de localiser facilement les situations bloquantes d'apprentissage, nous procédons au découpage des cours en trois entités (concept, objectif pédagogique, cours) qui peuvent être mis en œuvre à l'aide des activités élémentaire et des scénarios (**Fig 1**):

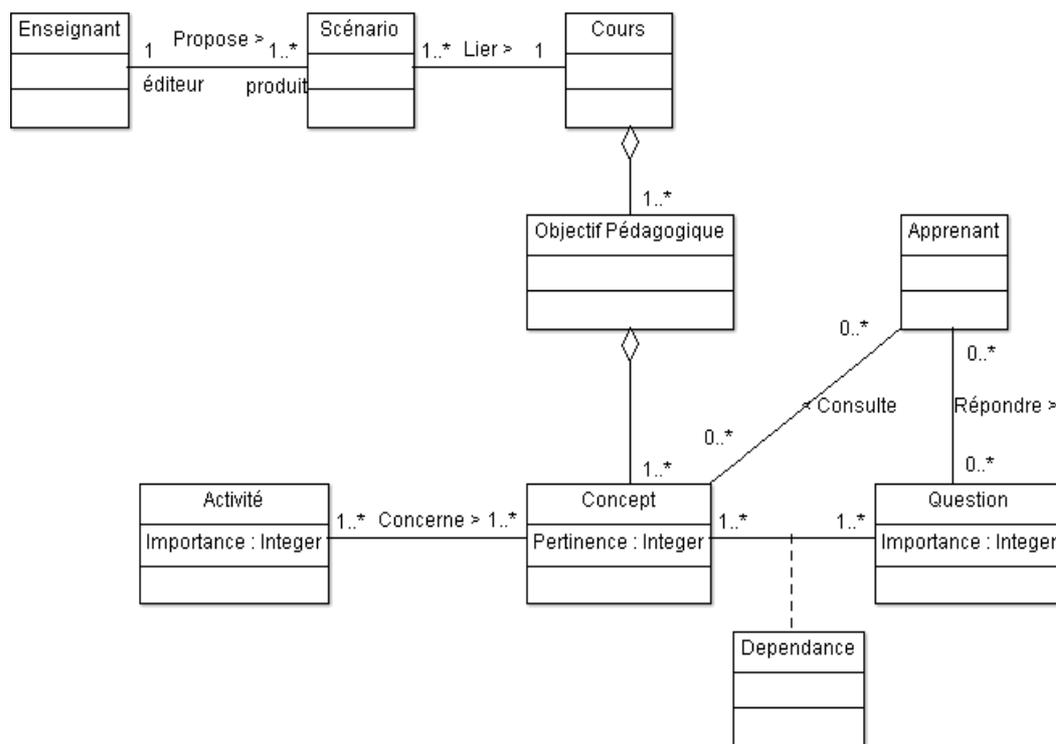


Figure -1- Modèle de contenu pédagogique

Un cours comporte plusieurs objectifs pédagogiques organisés dans des différentes séquences. Chaque objectif pédagogique O_i comporte plusieurs concepts C_j organisés dans des séquences [3]. Les séquences des objectifs pédagogiques et des concepts sont décrites par :

- les ensembles $PR(O_i)$ et $PR(C_j)$ qui décrivent respectivement les objets pédagogiques et les concepts pré-requis de O_i et de C_j vers lesquels le système

de FOAD peut diriger l'apprenant dans le cas où il ne donne pas satisfaction dans l'entité en cours [1],[2].

- les ensembles $SV(O_i)$ et $SV(C_j)$ qui décrivent respectivement des objets pédagogiques et des concepts successeurs de O_i et de C_j vers lesquels le système de FOAD peut diriger l'apprenant, en cas de réussite de l'entité en cours.

Dans le cadre d'évaluation le degré d'acquisition d'un apprenant, il est nécessaire de :

- préciser le degré de pertinence $DP(O_i)$ de l'objectif pédagogique O_i par rapport au cours,
- préciser le degré de pertinence $DP(C_j, O_i)$ de concept C_j par rapport à l'objectif pédagogique O_i ,
- lier chaque concept et chaque objectif pédagogique à un ensemble de questions qui peuvent être utilisées par le système FOAD afin de générer automatiquement des QCMs. Chaque question Q_k est caractérisée par les degrés de dépendance $DD(Q_k, C_j)$ et $DD(Q_k, O_i)$ au concept C_j et objectif pédagogique O_i .

Dans notre modèle, chaque concept C_j introduit par des activités organisées dans des scénarios. Ainsi, il est lié à :

- Un ensemble de questions d'entrées et de sorties utilisées dans l'évaluation diagnostique et l'évaluation sommative. Chaque question est caractérisée par le degré d'importance $DI(Q_k, C_j)$,
- Un ensemble des concepts pré-requis $PR(C_j)$,
- Un ensemble des concepts successeurs $SV(C_j)$,
- le degré de pertinence $DP(C_j, O_i)$ de concept C_j par rapport à l'objectif pédagogique O_i

Dans notre modèle, chaque objectif pédagogique O_i introduit par des concepts organisés dans des séquences. Ainsi, il est lié à :

- Un ensemble de questions d'entrées et de sorties utilisées dans l'évaluation diagnostique et l'évaluation sommative. Chaque question est caractérisée par le degré d'importance $DI(Q_k, O_i)$,
- Un ensemble des concepts pré-requis $PR(O_i)$,
- Un ensemble des concepts successeurs $SV(O_i)$,
- le degré de pertinence $DP(O_i)$ de concept O_i par rapport au cours

3 Modèle d'évaluation

Dans cette partie, nous proposons une procédure d'évaluation qui permet de répondre à la question suivante : à quel degré l'apprenant atteint-il les objectifs tracés par l'enseignant?. A cet effet, l'apprenant est invité à passer des tests durant la session d'apprentissage (**Fig 2**). Ces tests sont effectués soit au début de la session d'apprentissage (test d'entrée ou évaluation diagnostique), pendant l'apprentissage (contrôle continu ou évaluation formative), ou à la fin de la session d'apprentissage (test de sortie ou évaluation sommative). Chaque test est représenté par un QCM qui se compose d'un ensemble de questions associées au concept ou à l'objectif pédagogique sur lequel l'apprenant doit s'évaluer pour calculer son degré d'acquisition et des informations de guidage (**Fig 3**). Chaque question proposée doit être caractérisée par le degré d'importance $DI(Q_k, O_i)$ et $DI(Q_k, C_j)$ à l'objectif O_i et au concept C_j [2].

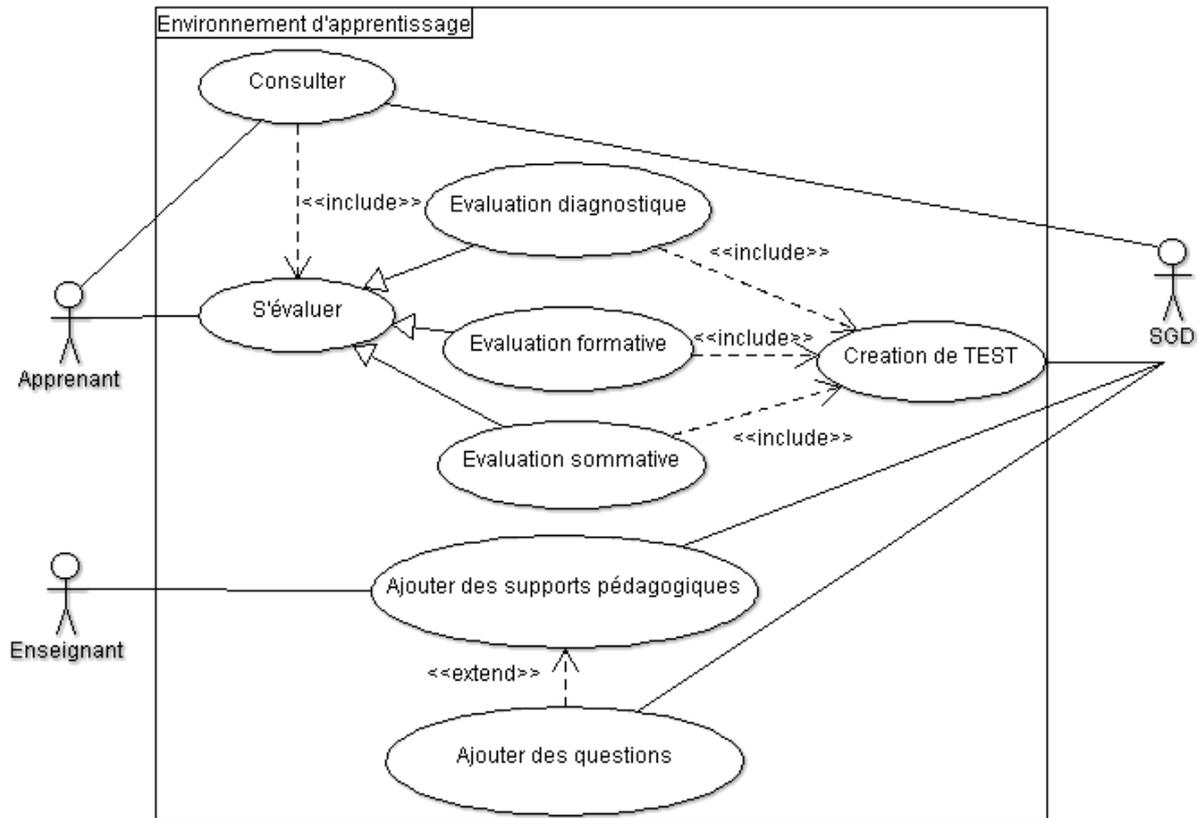


Figure -2- Diagramme des cas d'utilisation pour un environnement d'apprentissage

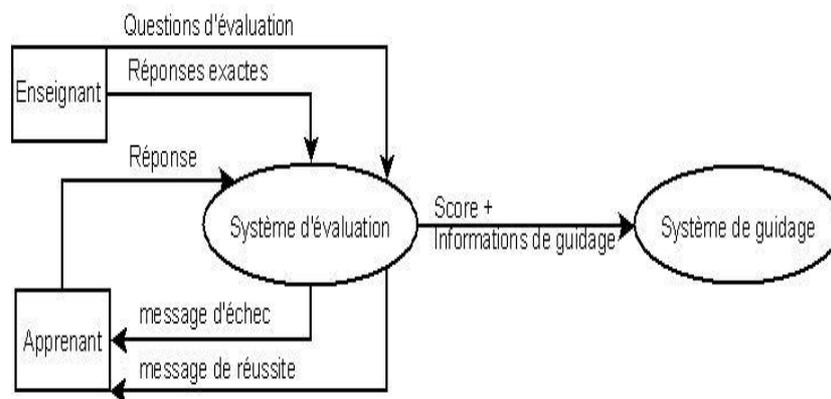


Figure-3- Diagramme de flots de données entre les acteurs et sous-système d'évaluation et guidage

3.1 Création du QCM

les utiliser pour générer automatiquement des QCMs.

Pendant la création de cours, l'enseignant propose plusieurs questions pour chaque objectif pédagogique et chaque concept afin de

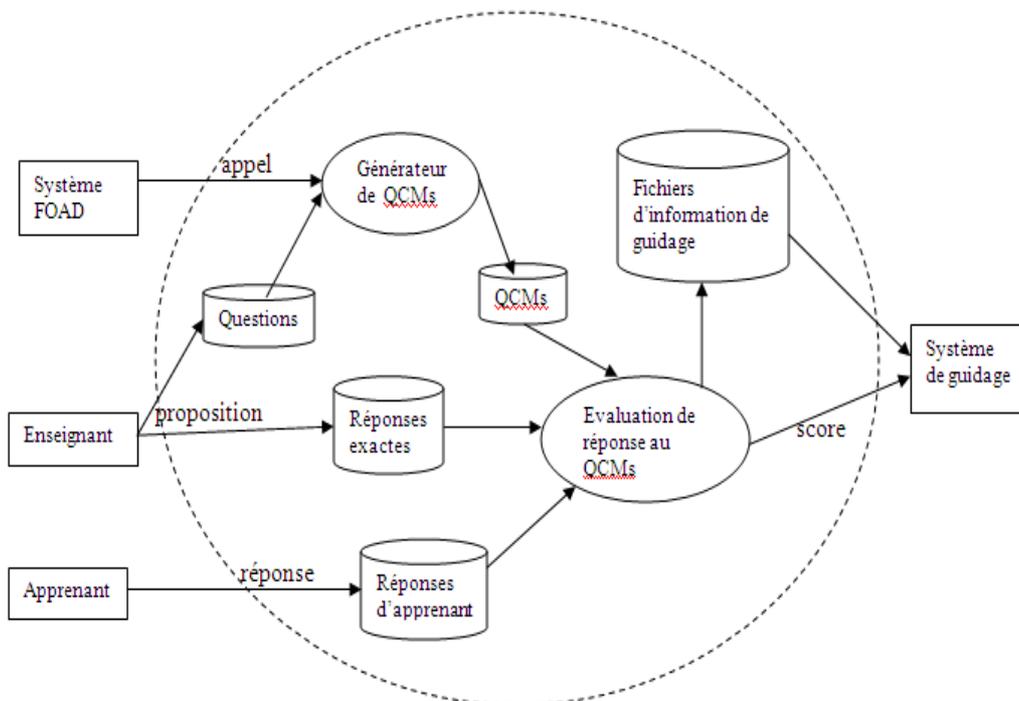


Figure -4- diagramme de contexte de système d'évaluation

L'environnement d'apprentissage crée des QCMs par un choix aléatoire de 5 questions parmi les questions liées à l'entité (concept ou objectif pédagogique) en question (Fig 4). Afin de calculer le score (voir l'algorithme calcul de score pour un QCM), les degrés d'importance des questions doivent être spécifiés par l'enseignant. Au moment d'agencement des questions l'enseignant doit prendre en compte les critères suivants :

- Chaque question est reliée à un ou plusieurs concepts pédagogiques.
- Chaque question est accompagnée par le degré d'importance par rapport au concept.
- Chaque question est accompagnée par une série de réponses $R_{k,l}$, parmi lesquelles l'apprenant doit choisir la ou les bonnes réponses.
- Préciser pour chaque question la ou les bonnes réponses.

Nous rajoutons aux réponses proposées les propositions suivantes:

- aucune solution proposée n'est correcte

- les données de l'énoncé sont insuffisantes
- l'énoncé contient une absurdité

Ces trois propositions diminuent la chance d'arriver à la bonne réponse au hasard, en incitant l'apprenant à réfléchir davantage avant la confirmation de son choix.

Algorithme : calcul de score pour un TEST

```

Variables
SDegreImportance, score, res :réels ;

Début
SDegreImportance ← 0 ;
score ← 0 ;
Pour (chaque question  $Q_k$  de TEST) faire
    res ← 0 ;
    Pour (chaque réponse  $R_{k,l}$  possible au question  $Q_k$ ) faire
        Si (la réponse est exacte) alors
            res ← res + degréCertitude ( $R_{k,l}$ ) ;
        Sinon
            res ← res - degréCertitude ( $R_{k,l}$ ) ;
        FinSi
    FinPour
    score ← score + degreImportance( $Q_k$ ) * res ;
    SDegreImportance ← SDegreImportance + degreImportance( $Q_k$ ) ;
FinPour
score ← score / SDegreImportance ;

Fin
    
```

3.2 Évaluation Diagnostique, formative et sommative

Les environnements d'apprentissage présentent leur support pédagogique de manière séquentielle. Dans des cas critiques l'apprenant se retrouve en face d'un concept ou objectif pédagogique qui dépasse ses capacités cognitives. En effet, il faut mesurer les connaissances pré-requises de l'apprenant qui est mené à l'évaluation au début de chaque session d'apprentissage. Le score de l'évaluation permet au système de guider l'apprenant vers un concept ou un objectif pédagogique pré-requis ou de le laisser continuer sans difficulté son apprentissage (**Fig**

5). Cette évaluation est déclenchée juste après le choix de l'objectif pédagogique ou concept par l'apprenant, ce type d'évaluation est appelé évaluation diagnostique. Ce dernier permet de déterminer le score et des informations de guidage qui peuvent être utilisés par le sous-système de guidage afin d'autoriser à l'apprenant de continuer son apprentissage si le score est supérieur au un seuil. Dans le cas contraire, le sous-système de guidage utilise les informations envoyées par le sous-système d'évaluation afin de diriger l'apprenant vers des pré-requis nécessaires pour comprendre l'entité (concept ou objectif) en cours [3].

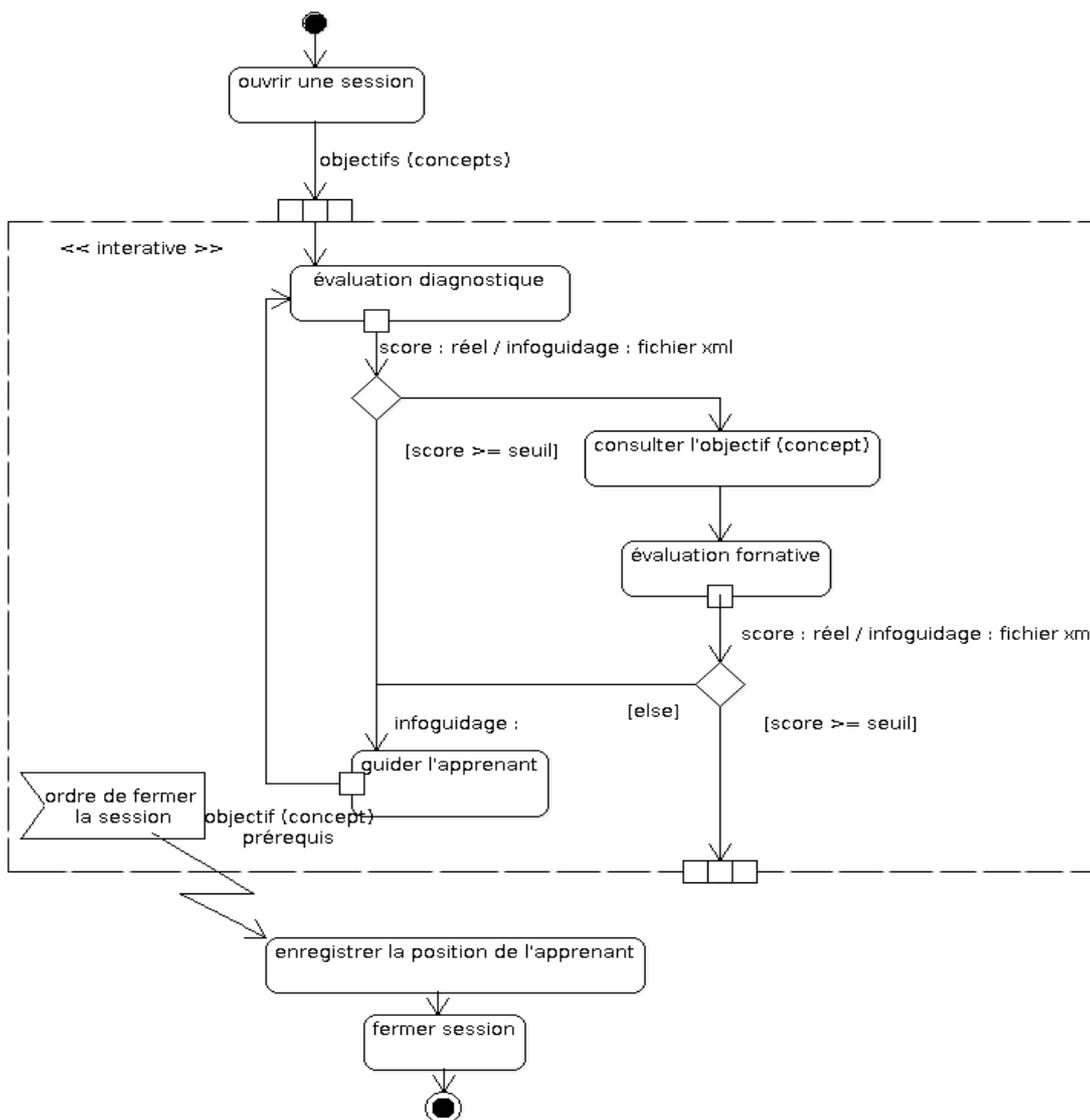


Figure-1- diagramme d'activités d'apprenant et environnement d'apprentissage

Dans un environnement d'apprentissage, l'apprenant doit s'évaluer afin de mesurer ses connaissances, ses compétences, et déterminer ses lacunes. En effet, il est souvent invité à effectuer des tests de niveau et d'orientation. A cet effet, le recours à une évaluation durant la session d'apprentissage est important. Cette évaluation doit être conçue de manière à fournir les informations suivantes :

- Le degré d'acquisition des concepts définis dans les objectifs pédagogiques,
- Les lacunes et les problèmes rencontrés (voir **Fig 4 et 5**) par l'apprenant durant le processus d'apprentissage.
- Garder un historique des problèmes rencontrés par les apprenants pour une éventuelle intervention de l'enseignant afin de réparer les concepts.

L'enseignant doit proposer un ensemble de questions pour chaque concept afin de calculer et contrôler l'efficacité du contenu pédagogique proposé par l'enseignant.

Il est nécessaire de savoir le niveau de connaissances de l'apprenant à la fin de chaque objectif pédagogique afin de dresser un bilan de connaissances et de compétences de l'apprenant à l'aide d'un test de sortie appelé évaluation sommative.

3.3 Évaluation de la réponse des apprenants : Procédure proposée

Dans cette partie, nous procédons à l'énoncé d'une problématique que nous jugeons importante de la prendre en compte lors de l'élaboration d'un QCM. C'est le cas où l'apprenant fixe son choix sur une réponse avec un degré de certitude élevé et que la réponse est fautive. Cela mène à attribuer une pénalité élevée à ce genre de réponses. Or, ce n'est pas toujours le cas, si on suppose que l'apprenant a fait une bonne analyse durant les étapes de la réponse, et à la dernière phase, il a fait une simple erreur d'interprétation ou de calcul.

Une fois le QCM est généré à partir des questions définies par l'enseignant (**Fig 5**), l'apprenant peut sélectionner les bonnes réponses pour chaque question.

Dans la plupart des cas, les apprenants hésitent en choisissant les bonnes réponses. Dans ce cas, l'apprenant élimine les propositions incorrectes, et choisit au hasard les bonnes réponses ou les réponses tolérées parmi celles qui ne sont pas éliminées.

3.3.1. Degré de certitude

Le doute est une situation normale chez l'être humain et accompagne le savoir de l'apprenant. En effet, la connaissance n'est pas absolue et l'imprécision est liée à plusieurs sciences. En fait, donner la possibilité à l'apprenant d'exprimer son doute devient nécessaire [6].

La plupart des chercheurs ont intégré la notion de certitude, en donnant la possibilité à l'apprenant d'accompagner sa réponse par un degré de certitude [4]. En effet, juger un apprenant, lors d'une évaluation diagnostique ou formative, en tenant compte juste la réponse, peut perturber tout le système d'évaluation. En effet, Gilles [5] voit que l'apprenant lors d'une évaluation doit exprimer son doute de manière précise afin d'autoriser un diagnostic très précis.

Dans ce cadre, Leclercq [4] propose une procédure qui intègre 6 niveaux de certitude exprimés par un pourcentage. L'apprenant répond à la question en indiquant son degré de certitude pour exprimer son doute lors de la rédaction des QCM et qui se limitent à utiliser soit des pourcentages ou degrés exprimés par des chiffres réels.

L'être humain a toujours recours à qualifier plein d'attributs (variables) par des valeurs floues. Par exemple, chaque jour on entend dire afin d'exprimer la chaleur : pas chaud, très chaud, chaud, froid, très froid ou pour qualifier la vitesse : rapide, très rapide, lent, très lent, même dans un milieu d'enseignement, on entend les étudiant parler

d'un examen, compliqué, très compliqué, facile, très facile. Ce qui est habituel chez un être humain est d'utiliser des variables linguistique. D'où l'utilité d'introduire des valeurs floues à la place des valeurs réelles ou des intervalles, afin de faciliter l'expression du doute pour l'apprenant [8], [9] et [10].

3.3.2. Degré de certitude : valeurs floues

Dans le but d'exprimer le doute par l'apprenant, nous adoptons la logique floue (voir Fig 6) pour établir notre approche d'évaluation. Pour cela, nous définissons les éléments suivants :

- Univers de discours : pourcentage de certitude allant de 0% à 100%.
- Variable linguistique : certitude
- Valeurs linguistiques : pas du tout sûr, pas sûr, moy sûr, assez sûr, très sûr

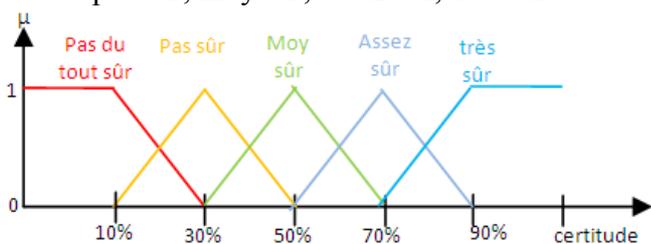


Figure-2- degré d'appartenance des valeurs linguistiques

Chaque valeur floue appartient à l'univers défini par un degré d'appartenance μ allant de 0 à 1 (voir la Fig 5).

Dans les études précédentes [4] et [5], la certitude est exprimée une seule fois pour chaque question. Dans la pratique, on constate que dans la plupart des cas, l'apprenant est en face à une question où il hésite entre plusieurs choix. En effet, nous allons enrichir notre méthode en donnant la possibilité à l'apprenant de préciser un degré de certitude (pas du tout sur, pas sur, ..., très sur) pour chaque réponse sélectionnée et non sélectionnée. Cette méthode permet de minimiser le recours au hasard, et elle permet davantage de préciser le degré d'acquisition des concepts, et détecter les lacunes que peut avoir l'apprenant lors des évaluations durant la session d'apprentissage. A cet effet, chaque

réponse correcte ou incorrecte proposée doit être liée à un ensemble d'informations pour indiquer les acquisitions que peut avoir l'apprenant suite à sa réponse. Ces informations peuvent être utilisées par le sous-système de guidage afin de guider l'apprenant vers l'entité suivante (Fig 5).

3.3.3. Détermination du score de l'apprenant lors d'une évaluation

Afin de vérifier le degré d'acquisition d'un concept par un apprenant, un score lui est attribué. Le score est calculé à partir des degrés d'importance des questions de test d'évaluation, les réponses et les certitudes des apprenants suivant l'algorithme de calcul de score pour un QCM .

Ainsi, afin de vérifier le degré d'acquisition d'un objectif pédagogique O_i par un apprenant, un score lui est attribué. Ce score est calculé à partir des scores obtenus dans les concepts C_j constitués suivant l'objectif pédagogique O_i et leurs degrés de pertinence $DP(C_j, O_i)$ par rapport à cet objectif pédagogique, à cet effet une formule est mise en place :

$$sc(O_i) = \frac{\sum_j DP(C_j, O_i) * sc(C_j)}{\sum_j DP(C_j, O_i)} \quad (1)$$

Le score, défini ci-dessus (équation 1), inclut le degré de certitude en pourcentages, cependant, le système utilise les valeurs floues pour interpréter les certitudes des apprenants d'où la nécessité de défuzzification du degré de certitude.

3.3.4. Défuzzification du degré de certitude

Il faut associer les valeurs floues (linguistiques) aux valeurs réelles en se basant sur:

- Pas du tout sûr : 10%
- Pas sûr : 30%
- Sûr : 50%

- Assez sûr : 70%
- Très sûr : 100%

Dans notre étude, nous utilisons le tableau suivant pour calculer le score.

Tableau-1- Tableau de définitions des scores selon les degrés de certitude

Barème	Réponse	DC	Score
1	Correcte	Pas du tout sûr	0.1
1	Correcte	Pas sûr	0.3
1	Correcte	Moy sûr	0.5
1	Correcte	Assez sûr	0.7
1	Correcte	Très sûr	1
1	Incorrecte	Très sûr	-1
1	Incorrecte	Assez sûr	-0.7
1	Incorrecte	Moy sûr	-0.5
1	Incorrecte	Pas sûr	-0.3
1	Incorrecte	Pas du tout sûr	-0.1

Le tableau 1 permet d'identifier la décision que va prendre le système suite aux valeurs linguistiques de degré de certitude fixé par l'apprenant afin de calculer le score d'un concept.

3.4 Modèle d'information de guidage

Les scores et les informations obtenues, soit lors d'une évaluation diagnostique, formative ou sommative, sont importants à la prise d'une décision. Ces informations peuvent être exploitées par l'enseignant et le sous-système de guidage afin de déterminer les défauts des supports pédagogiques et de guider les apprenants dans leur apprentissage. La question qui se pose : comment peut-on détecter les concepts où l'apprenant a des lacunes ?

Pour consulter un concept C_j , l'apprenant doit effectuer un test de validation (évaluation diagnostique (**Fig 5**)) sur les concept pré-requis $PR(C_j)=\{C_1, C_2, C_3, C_4\}$. Pour cela, le générateur dynamique de QCMs génère un QCM à partir des questions liées aux concepts pré-requis au concept C_j . Dans ce QCM, le générateur introduit pour chaque concept pré-requis au moins une question y fortement liée.

Puisque chaque question Q_k peut être liée à plusieurs concepts avec un degré de dépendance $d_{j,k}=DI(Q_k, C_j)$, nous présentons les degrés de dépendances de 5 questions qui composent le $QCM=\{Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5\}$ aux concepts pré-requis $PR(C_j)=\{C_{j,1}, C_{j,2}, C_{j,3}, C_{j,4}\}$ dans la matrice D suivante :

$$D = \begin{bmatrix} d_{1,1} & d_{1,2} & d_{1,3} & d_{1,4} & d_{1,5} \\ d_{2,1} & d_{2,2} & d_{2,3} & d_{2,4} & d_{2,5} \\ d_{3,1} & d_{3,2} & d_{3,3} & d_{3,4} & d_{3,5} \\ d_{4,1} & d_{4,2} & d_{4,3} & d_{4,4} & d_{4,5} \end{bmatrix}$$

Supposons que le résultat de l'évaluation de réponse d'un apprenant est :

$$R = \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \\ r_5 \end{bmatrix}$$

Où r_k est le résultat de l'évaluation de réponse à la question Q_k .

Les degrés de certitude exprimés par l'apprenant sont pris en considération dans le résultat r_k (voir algorithme de calcul de score).

Le score de l'évaluation diagnostique est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$sc(C_j) = \frac{\sum_k (d_{j,k} * r_k)}{\sum_k d_{j,k}}$$

Nous utilisons le vecteur V afin de déterminer les concepts pré-requis qui doivent être validés par l'apprenant avant de passer au concept C_j dans le cas où le score est inférieur au seuil S_j .

Le vecteur V est représenté par :

$$V = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \end{bmatrix}$$

Où :

$$v_p = \frac{\sum_k (d_{p,k} * r_k)}{\sum_k d_{p,k}}$$

Dans le cas où le $sc(C_j)$ est inférieure au seuil S_j , le sous-système de guidage dirige l'apprenant vers les concepts pré-requis liés aux questions à lesquelles l'apprenant n'a pas répondu correctement. C'est-à-dire l'apprenant doit reprendre le concept pré-requis $C_{j,p}$ si $v_p \leq S_j$.

Le vecteur résultat R et la matrice de dépendance D doivent être enregistrés dans des fichiers structurés XML afin de l'utiliser ultérieurement dans le diagnostique.

4 Conclusion et perspectives

L'objectif principal de ce papier est de proposer un modèle de contenu et une procédure d'évaluation. Nous avons aussi proposé une nouvelle méthode d'évaluation de réponse qui intègre le degré de certitude introduit par l'apprenant lors de la réponse. Enfin, nous avons proposé une procédure de guidage des apprenants lors de l'apprentissage. Grâce à cette méthode, le système lui propose la meilleure séquence à suivre afin d'avoir un bon score.

Dans notre prochain travail, nous allons réaliser et améliorer notre procédure de guidage en se basant sur les résultats des évaluations, dépendance entre concepts et des questions.

5 Références

- [1] J. Labat, "EIAH : Quel retour d'information pour le tuteur", *International Journal of Information Sciences for Decision Making Informations, Savoirs, Décisions & Médiations*, 2002
- [2] C. Piombo, "Modélisation probabiliste du style d'apprentissage et application à l'adaptation de contenus pédagogiques indexés par une ontologie" pp. 46-50, Oct. 2007
- [3] N. Hoic Bozic, "a Web-Based Adaptive Hypermedia Courseware System", *Journal of Computing and Information Technology - CIT* 13, 3, pp. 165-176, 2005.
- [4] D. Leclercq "l'évolution des QCM", *Recherches sur l'évaluation en Education*, Paris : L'Harmattan, 139-146. 2006
- [5] J.-L. Gilles, V. Jans & D. Leclercq, " Actes du 15ème Colloque de l'Association Internationale de Pédagogie Universitaire (A.I.P.U.) ", Liège : Affaires Académiques de l'Université de Liège, pp. 311-326, 1997
- [6] E. Vachey, "quel intérêt avons-nous à intégrer le degré de certitude en contrôle continu" , *OST Volume 24*, pages 5-8 Septembre 2001
- [7] Dongrui Wu, "Fuzzy sets, *Transactions on fuzzy systems*", vol. 15, No. 6, decembre 2007
- [8] L.A Zadeh, "Fuzzy sets as a basis for a teory of a possibility", *Fuzzy Sets and Systems Volume 100, Supplement 1*, Pages 9-34, 1999
- [9] A. Brimicomb, "A Fuzzy Set Approach to Using Linguistic Hedges in Geographical Information Systems", *10ème Colloque Européen de Géographie Théorique et Quantitative*, Rostock, Allemagne, 6-11 septembre 1997.
- [10] D. Nozer, "Membership Functions and Probability Measures of Fuzzy Sets", *Journal of the American Statistical Association*, September 2004.