

Cahier de Recherche CEREG

n° 9713

Evaluation du risque d'audit : proposition d'un modèle linguistique *

Cédric LESAGE **

Résumé

La fiabilité des états financiers est établie par agrégation d'évaluations du risque d'erreur issues des différents travaux de l'auditeur. Or, dans un contexte d'incertitude, les modèles numériques existants ne satisfont pas les auditeurs qui représentent plutôt leurs jugements par des mots. Nous avons donc développé un modèle basé sur la logique floue, qui s'avère plus performant que les modèles numériques.

Abstract

The reliability of the financial statements is obtained by the aggregation of the elementary risk assessments of numerous audit tasks. But the available numeric models do not fit to the auditors who tend to express their judgments by words when confronted with uncertainty. Therefore we have conceived a fuzzy model, which appears to be more reliable than the numeric models.

* Cette recherche est le fruit d'une collaboration entre le CEREG (directeur de recherche : Jean François CASTA) et le CREREG (Université de Rennes 1 : Michel GERVAIS).

** Doctorant CNRS, CREREG (UMR CNRS C6585), Université de Rennes 1.

Sommaire

INTRODUCTION	4
1. REVUE DE L'ART.....	4
1.1 LA PROBLÉMATIQUE	4
1.2 LES TRAITEMENTS THÉORIQUES NUMÉRIQUES.....	7
1.3 CONNAISSANCE PARFAITE OU IMPARFAITE ?	9
1.4 LE MODÈLE DE COOLEY & HICKS SUR LE CONTRÔLE INTERNE	12
2. CONCEPTION D'UN MODÈLE BASÉ SUR DES CONNAISSANCES IMPARFAITES	13
2.1 EVALUATION PAR DES VALEURS LINGUISTIQUES « CONTEXT DEPENDENT »	13
2.2 STRUCTURE D'AGRÉGATION.....	15
3. EXPÉRIMENTATION ET DISCUSSION.....	16
3.1 MÉTHODOLOGIE	16
3.2 TEST MODÈLE M1	17
3.2 TEST MODÈLE M2	20
4. CONCLUSION.....	21
ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE RISQUE D'AUDIT	23
ANNEXE 2 : EXEMPLE QUESTIONNAIRE PSYCHOMÉTRIQUE.....	24
BIBLIOGRAPHIE.....	25

Introduction ¹

L'objectif de la vérification des comptes est d'être raisonnablement sûr qu'il n'existe pas d'erreurs significatives dans les états financiers publiés. Pour parvenir à cette opinion, l'auditeur se fonde sur son jugement professionnel, qu'il élabore suite à différentes analyses et travaux menés au sein de l'organisation auditée. Il faut donc pouvoir justifier une opinion globale, basée sur l'agrégation d'informations élémentaires présentant des caractéristiques très variables.

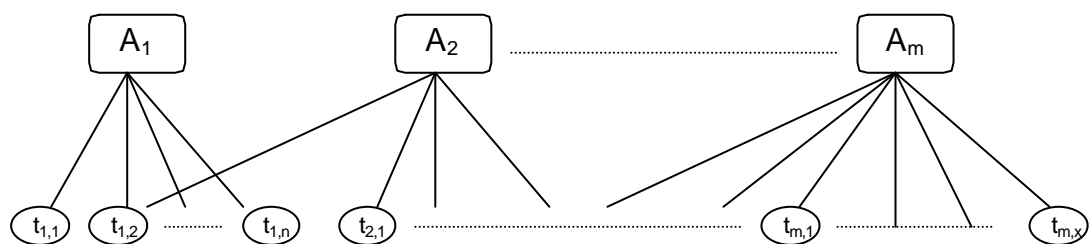
Il existe des modèles théoriques d'évaluation du risque d'audit (i.e. le risque que l'auditeur se trompe en émettant son opinion), mais ils reposent sur des hypothèses strictes, restreignant très fortement leur domaine de pertinence. Or les connaissances effectivement disponibles lors du processus d'évaluation du risque d'audit, comme toute application en gestion, sont en grande partie caractérisées par l'imperfection [J.F. CASTA, 94]. En acceptant ce constat, notre démarche s'inscrit naturellement dans le cadre théorique de la logique floue.

Nous avons donc développé et testé un modèle d'évaluation, issu d'une analyse logique et sémantique du processus d'estimation du risque. Basé sur les normes SAS américaines, il permet une première application d'un modèle théorique d'évaluation du risque d'audit à des situation réelles.

1. Revue de l'art

1.1 La problématique

D'un point de vue pratique, l'évaluation du risque d'audit s'effectue par l'agrégation d'un certain nombre d'évaluations élémentaires, issues chacune de travaux menés par l'auditeur.



L'auditeur obtient ainsi l'évaluation des comptes A_1, \dots, A_m , à partir des tâches $t_{1,1} \dots, t_{m,x}$. L'objectif d'un modèle d'évaluation du risque d'audit est donc de pouvoir déterminer l'étendue des travaux nécessaires afin de répondre à la double contrainte :

- atteindre un niveau de risque de contrôle suffisant (contrainte de qualité)

¹ Cette recherche a été financée par le CEREG, Université Paris IX - Dauphine, et par le CREREG, Université de Rennes 1. Je tiens à remercier tout particulièrement Jacques HAMON et Jean-François CASTA (CEREG) ainsi que Christophe TAVERA et Michel GERVAIS (CREREG) pour leur soutien et leurs précieux conseils.

- ne pas dépasser ce niveau par des travaux supplémentaires superflus (contrainte de coût).

Les normes américaines (Statements on Auditing Standards, ou SAS) [AICPA 92] fournissent un modèle de base d'évaluation du risque d'audit, très largement adopté par l'ensemble des cabinets d'audit. Selon ces normes ², le risque d'audit (i.e. le risque que l'auditeur se trompe en émettant son opinion) est fourni par une équation ensembliste (appelée « équation de l'auditeur »), composée de l'enchaînement des procédures suivantes :

$$IR \cap CR \cap DR = AR$$

avec :

AR (Audit Risk) : risque final qu'il demeure une erreur ³ dans les comptes publiés. *AR* n'est pas quantifié explicitement par les SAS, l'auditeur restant seul juge du niveau de risque acceptable.

IR (Inherent Risk) : évaluation portant sur l'environnement, et mesurant le risque de l'entreprise à transcrire une information erronée sous forme d'écriture comptable,

CR (Control Risk) : évaluation de l'incapacité du contrôle interne à détecter et corriger l'erreur existant dans le flux d'informations comptables.

DR (Detection Risk) : évaluation de l'incapacité de l'auditeur à détecter et corriger les erreurs subsistant dans les comptes être publiés. *DR* peut être lui-même décomposé selon les différentes procédures d'audit utilisées :

Ra : inaptitude de la revue analytique à détecter l'erreur,

KI : risque d'erreur subsistant après la vérification complète d'un certain nombre de Key-items.

Stat : risque d'erreur subsistant après une vérification sur un certain nombre d'éléments, hors key-items, sélectionnés par échantillonnage statistique.

Pour chaque compte ou classe de transaction, cet enchaînement d'événements doit être appliqué au niveau de chacune des 5 assertions (ou objectif d'audit) ⁴:

- *Existence* ou *Occurrence* (Réalité) : ce qui est enregistré est correctement enregistré,
- *Completeness* (Exhaustivité) : tout ce qui doit être enregistré l'est effectivement,
- *Rights* et *Obligations* (Droits et Obligations) : tous les engagements figurent dans les états financiers,

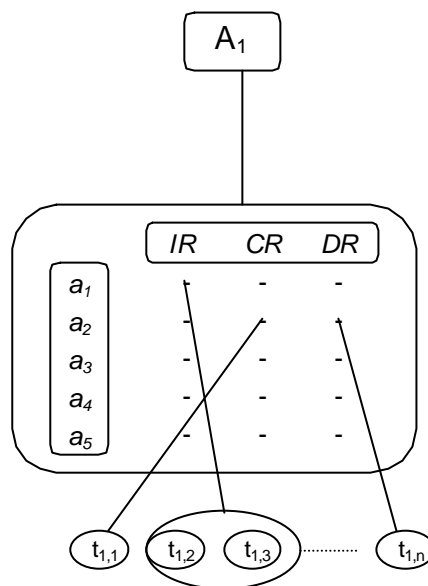
² La norme SAS 47 (AU § 312) définit IR, CR et AR. La norme SAS 39 (AU § 350) précise les autres éléments.

³ Le terme « erreur » employé tout au long de cet article renvoie à la notion d'erreur significative, telle qu'elle est utilisée par les SAS.

⁴ cf. SAS 55

- *Valuation* ou *Allocation* (Valorisation) : les méthodes de valorisation sont correctement appliquées
- *Presentation* et *Disclosure* (Présentation) : les normes de présentation des états financiers sont respectées.

Dans la pratique, ce modèle constitue le fondement des méthodologies et des systèmes experts développés par les cabinets d'audit. Il s'agit donc de formaliser un système d'aide à la décision basée sur une structure de réseau où chaque information (= élément de preuve) est repérée par rapport à la procédure qui la met en évidence et à l'assertion qu'elle tend à justifier. Le modèle des SAS peut finalement être représenté par un regroupement des travaux d'audit selon deux axes procédures/Assertions :



Cette représentation met en évidence les deux niveaux d'agrégation présents dans la problématique de l'évaluation du risque d'audit :

- niveau 1 : agrégation des travaux pour évaluer un couple procédure/assertion,
- niveau 2 : agrégation des couples procédure/assertion pour évaluer le compte.

Dans le cadre de cette étude, et conformément à la littérature dominante, nous nous intéresserons au niveau 2 d'agrégation. Le niveau 1, c'est-à-dire le processus selon lequel l'auditeur évalue chacune des cases de la matrices à partir des travaux menés restera non explicité.

Le problème consiste donc dans l'évaluation, puis l'agrégation des informations recueillies au niveau de la matrice afin de calculer le niveau de risque d'erreur final effectif, et de le comparer au niveau de risque considéré comme acceptable.

1.2 Les traitements théoriques numériques

Les deux modèles du risque d'audit les plus fréquemment cités sont le modèle probabiliste et le modèle de l'évidence.

a) Le traitement probabiliste de l'équation de l'auditeur

Cette approche considère toutes les composantes de l'équation ensembliste comme autant de probabilités. Le caractère subjectif de certaines évaluations, souligné maintes fois par les SAS, impose de les traiter par des probabilités subjectives, donc conditionnée par la connaissance K que l'on en a.

Les évaluations étant des probabilités, l'équation ensembliste ($AR = IR \zeta CR \zeta DR$) devient une équation probabiliste, utilisant le multiplicateur comme opérateur d'agrégation :

$$p_K (AR) = p_K (IR) \times p_K (CR) \times p_K (DR)$$

En détaillant DR par ses composantes, on obtient :

$$p_K (AR) = p_K(IR) \times p_K(CR) \times (P_{Ra} \times P_{KI} \times P_{Stat})$$

Bien que les normes SAS n'imposent pas de risque quantifié, les exemples qu'elles proposent, ainsi que les méthodologies et les systèmes experts utilisés par les firmes d'audit, posent $AR = 0,05$.

De nombreuses critiques ([CUSHING, LOEBBECKE, 83], [WALLER, 93]) se sont élevées contre le traitement probabiliste de l'équation de l'auditeur, portant notamment sur :

- les conditions d'indépendance des variables (par exemple : la prise en compte des effets prévention et détection : alors qu'ils sont définis tous les deux comme les constituants de CR par les SAS, l'effet préventif est également pris en compte dans IR),
- la difficulté d'évaluer une probabilité conditionnelle.

D'autres critiques [DUSENBURY, REIMERS, WHEELER, 96] portent sur la nécessaire complexité du modèle si l'on devait :

- évaluer au niveau de l'assertion, du fait des multiples connexions dues à la structure d'inférence reposant sur les règles de Bayes (voir par exemple [LEA, ADAMS, BOYKIN, 92])
- prendre en compte des données qualitatives.

Malgré sa généralisation, on constate donc que le traitement probabiliste de l'équation ensembliste comporte de sévères limitations théoriques.

b) La théorie de l'évidence

L'origine de cette approche se situe dans l'impossibilité de distinguer dans le modèle SAS 47 entre l'absence totale d'assurance que le système fonctionne (par exemple système non testé), et le fait qu'il ne fonctionne pas : dans les deux cas, SAS 47 impose de retenir une probabilité de risque d'erreurs de 100%. Or ces deux événements sont de nature très différentes. SRIVASTAVA et SHAFER [SRIVASTAVA et SHAFER, 92] ont donc développé un modèle d'évaluation du risque d'audit basé sur la théorie de l'évidence et l'utilisation des fonctions de croyance permettant cette distinction.

La représentation de l'incertitude d'une preuve d'audit avec une fonction de croyance s'effectue de manière subjective, faute d'informations objectivement mesurables. L'idée de base de la théorie de l'évidence est que l'on évalue, non pas directement un élément A, mais toutes les parties de l'ensemble $\theta = \{A ; \bar{A}\}$, où A = l'événement « absence d'erreur » et \bar{A} = « présence d'erreur »⁵.

Présenté sous forme vectorielle le modèle de l'évaluation du risque basé sur la théorie de l'évidence est de la forme suivante:

$$\begin{array}{c|c} \underline{IR} & \\ \hline m_1 & \\ m_2 & \\ m_3 & \end{array} \oplus \begin{array}{c|c} \underline{CR} & \\ \hline m_1 & \\ m_2 & \\ m_3 & \end{array} \oplus \begin{array}{c|c} \underline{RA} & \\ \hline m_1 & \\ m_2 & \\ m_3 & \end{array} \oplus \begin{array}{c|c} \underline{KI} & \\ \hline m_1 & \\ m_2 & \\ m_3 & \end{array} = \begin{array}{c|c} \underline{AR} & \\ \hline 0,95 & \\ m_2 & \\ m_3 & \end{array}$$

⁵ Si par exemple, l'auditeur effectue une revue analytique et qu'il affecte $m = 0,6$ à l'événement A et qu'en outre, rien ne l'indique à penser que ce compte contient des erreurs (car aucune preuve positive de l'existence d'une erreur), alors :

$$\begin{aligned} m(\underline{A}) &= 0,6 \\ m(\underline{\bar{A}}) &= 0 \end{aligned}$$

donc : $m(A ; \bar{A}) = 0,4$
afin que : $m(\theta) = 1,0$

On remarque que $m(A ; \bar{A})$ constitue la mesure de l'ignorance, provenant du manque de preuve quant à l'absence totale d'erreurs. Autrement dit, l'auditeur dispose d'une preuve directe que A est vrai à hauteur de 0,6 et aucune preuve directe qu'il y ait une erreur. Il est donc pleinement plausible qu'il n'y ait aucune erreur, sachant que le risque maximum de se tromper est de 0,4 .

avec :

m_1 = croyance qu'il n'y a pas erreur,

m_2 : croyance qu'il y a des erreurs,

m_3 = ignorance,

\oplus : règle de combinaison de Dempster⁶.

Les auteurs reprennent les principales composantes de l'équation de l'auditeur de SAS 47, en vue de disposer d'un arbre composé de tous les cas de figure de preuves d'audit. Cette première ossature est complétée par les niveaux d'impact des preuves d'audit (états financiers, compte ou classe de transactions, objectif d'audit). Finalement, un élément de preuve se situe donc dans un réseau selon sa nature et son impact sur l'ensemble de la structure de preuve d'audit.

Ainsi, en remplaçant la probabilité par une fonction de croyance, ce modèle permet de distinguer les évaluations des situations de preuves d'audit bien différentes quant à leur impact sur la fiabilité réelle des états financiers. Cette amélioration s'effectue par l'acceptation de la subjectivité de l'évaluation. Depuis sa publication, ce modèle fait l'objet de nombreuses expérimentations [DUSENBURY, REIMERS, WHEELER, 96], [DUTTA, SRIVASTAVA, 93]. Cependant cette approche, contrairement au traitement probabiliste, ne fait pas l'objet d'application au sein des cabinets d'audit.

1.3 Connaissance parfaite ou imparfaite ?

Les traitements probabiliste et par la théorie de l'évidence de l'équation de l'auditeur possèdent deux caractéristiques identiques :

- évaluation numérique
- agrégation de type probabiliste (multiplicateur).

⁶ La règle de combinaison de Dempster a pour objet l'agrégation d'évaluations (énoncées sous forme de masses d'évidence), provenant de sources diverses, et portant sur un même événement. Son expression mathématique est la suivante :

$$m_{1,2}(A) = \frac{\sum_{B \cap C = A} m_1(B) \cdot m_2(C)}{1 - K} \quad \text{avec} \quad K = \sum_{B \cap C = \emptyset} m_1(B) \cdot m_2(C)$$

où : 1 et 2 représentent deux sources différentes, A l'événement (non vide) final évalué, B et C les univers de référence de 1 et 2 respectivement. KLIR (George), YUAN (Bo) : *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic, Theory and Applications* ; Prentice Hall, USA, 1995.

Le premier point pose le problème de la nature de l'évaluation du risque d'erreur par l'auditeur. Une évaluation numérique suppose la précision : on peut effectivement admettre cette caractéristique sur certaines procédures, comme *KI* (précision obtenue par la validation parfaite d'un certain pourcentage, par exemple par confirmation auprès d'un tiers), ou bien encore *Stat* (précision issue de l'application rigoureuse d'une procédure d'échantillonnage et d'extrapolation statistiques).

Mais peut-on continuer à supposer la précision lors de l'évaluation de l'environnement de l'entreprise ? *IR* fait l'objet d'appréciations portant sur prévisibilité de l'activité, la compétence de la direction, etc., autant de facteurs relevant plus du jugement que de la mesure précisément chiffrée.

C'est pourquoi dans la pratique, la plupart des cabinets d'audit recourent à des évaluations linguistiques de certains risques (*IR*, *CR* et *RA* essentiellement) [JANELL, WRIGHT, 92]. Cependant, malgré la réticence des praticiens à recourir à des évaluations numériques, la question continue de diviser les chercheurs.

L'évaluation linguistique permet [MAC FADGEN, 94] :

- une meilleure communication,
- une meilleure relation coût/justification.

L'évaluation numérique devrait permettre ⁷ [BORITZ, GABER, LEMON, 87] :

- une meilleure justification pour l'utilisation de méthodes d'échantillonnage statistiques,
- moins d'erreurs de jugement,
- une meilleure justification entre les décisions d'étendre les travaux d'audit et le niveau de risque global,
- une plus grande cohérence des jugements entre auditeurs.

Certaines études ont décidé d'aborder le problème en comparant expérimentalement leurs avantages respectifs. Les résultats obtenus sont les suivants ⁸:

- les auditeurs ont plus confiance dans un jugement exprimé en mot plutôt qu'en nombre [WALLER, 95],
- les auditeurs qui utilisent des mots sont plus conservateurs que ceux qui utilisent des nombres [REIMERS, WHEELER, DUSENBURY, 93],
- les auditeurs montrent une plus grande cohérence de jugement quand ils utilisent des nombres plutôt que des mots [STONE, DILLA, 94].

⁷ Contrairement aux travaux sur l'évaluation linguistique, ceux-ci n'ont pas été mesurés, mais postulés.

⁸ Cependant, exception faite du premier résultat, il semble que de nombreux biais expérimentaux empêchent la généralisation de ces conclusions [RENNIE, 94].

Le second point (agrégation type probabiliste) pose le problème de la connaissance de la structure d'agrégation. Il suppose un réseau sous forme d'arbre, où les connexions sont clairement identifiées, permettant ainsi de mesurer précisément l'impact d'un élément de preuve au niveau de l'assertion, du compte, ou des états financiers dans leur globalité.

Or, aucun élément n'a été à ce jour établi, prouvant le déterminisme de ces interrelations [KRISHNAMOORTHY, 93], [LOEBBECKE, 93]. Au contraire, on a mis en évidence la difficulté de relier les assertions aux évaluations des comptes [WALLER, 93].

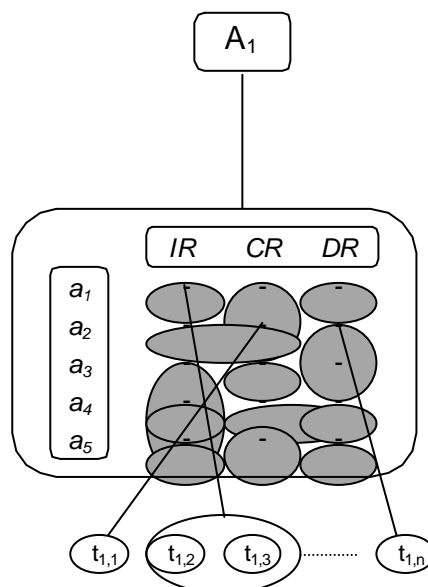
Une autre question, à notre connaissance jamais abordée, porte sur la propriété de commutativité de l'opérateur multiplication. Son utilisation entraîne une stricte équivalence d'impact sur AR entre deux éléments évalués au même niveau (Il est ainsi équivalent pour AR que $IR=0,5$, les autres composantes = 1, ou bien que $KI=0,5$, les autres composantes = 1 : dans les deux cas on aura $AR = 0,5$).

Or est-on certain que les différentes composantes du risque affecte de la même manière le risque global. Peut-on par exemple mettre sur le même plan IR , évaluant le cadre dans lequel intervient l'auditeur, et donc qu'il subit, et DR , évaluant ses travaux inscrits dans ce cadre ? Il ne nous paraît pas nécessaire que l'opérateur d'agrégation entre ces deux composantes possède la propriété remarquable de commutativité.

Finalement, cette discussion nous amène à retenir :

- une évaluation sous forme linguistique, afin de se conformer à la pratique, permettant également le traitement d'informations parfaites et d'informations statistiques,
- une agrégation non déterministe.

Si l'on reprend la représentation de la problématique déjà utilisée, nous nous inscrivons donc dans un cadre où ni les valeurs des cases de la matrice, ni leur enchaînement ne sont très bien définies :



1.4 Le modèle de Cooley & Hicks sur le contrôle interne

Cooley et Hicks [COOLEY & HICKS, 1983] ont proposé une approche non numérique, basée sur la logique floue, d'une problématique proche de l'évaluation du risque d'audit : l'évaluation du contrôle interne (CR).

Leur modèle d'évaluation du contrôle interne est le suivant :

$$E = I * V * C$$

avec : I = Importance de l'objectif de contrôle

V = Vraisemblance du risque

C = Confiance dans la procédure de contrôle * : opérateur d'agrégation

où :

- *Evaluation* : Chacune des variables est évaluée par une variable linguistique prise dans l'ensemble de variables linguistiques⁹ { *très faible, faible, modéré, fort, très fort* }

⁹ L'expression sous forme de variables linguistiques consiste à évaluer un événement à l'aide de mots, choisis parmi une liste prédéterminée, et pour lesquels une représentation mathématique a été préalablement déterminée. Elles doivent correspondre au sujet étudié et être suffisamment différenciées pour qu'il n'y ait aucune confusion possible quant à leur signification. Cooley et Hicks ont choisi d'utiliser les fonctions canoniques S (*faible, fort*) et Π (*modérée*) de Zadeh, ainsi que l'opérateur de concentration de Lakoff (*très faible, très fort*). Pour définir l'ensemble flou associé à ces valeurs, il faut utiliser les formes canoniques des fonctions S et Π de Zadeh. La fonction S nécessite 4 paramètres : v = la valeur sur l'échelle, z = le v pour lequel S = 0, p = le v pour lequel S = 1, c = le v pour lequel S = 0,5; on pose $c = (z + p) / 2$. Elle est définie par :

$$S(v; z; c; p) = \begin{cases} 0 & \text{pour } v < z \\ 2 \cdot [(v-z)/(p-z)]^2 & \text{pour } z < v < c \\ 1 - 2 \cdot [(v-p)/(p-z)]^2 & \text{pour } c < v < p \\ 1 & \text{pour } v > p \end{cases}$$

Les valeurs retenues pour *Fort* ont les suivantes : $\mu_{\text{Fort}}(v) = S(v; 5; 7; 9)$, ce qui nous donne la valeur linguistique primaire suivante :

$$\text{Fort} = 0,125 [6] ; 0,5 [7] ; 0,875 [8] ; 1 [9]$$

Les valeurs retenues pour *faible* sont les suivantes : $\mu_{\text{faible}}(v) = 1 - S(v; 1; 3; 5)$, ce qui nous donne la valeur linguistique primaire suivante :

$$\text{faible} = 1 [1] ; 0,875 [2] ; 0,5 [3] ; 0,125 [4]$$

- *Agrégation* : en utilisant le principe général d'extension ¹⁰, les auteurs proposent différents types d'agrégation, en fonction de l'objectif recherché (déterminer le maillon le plus faible, le plus fort, la confiance moyenne pondérée, etc.).

Cette approche a été la première tentative de formalisation non probabiliste d'une évaluation de procédure de contrôle interne. Le recours aux variables linguistiques en constitue la nouveauté. Cependant, quelques inconvénients (notamment fonctions d'appartenance des variables linguistiques théoriques donc non dépendantes du contexte) empêchent une utilisation effective, expliquant la non expérimentation de ce modèle.

2. Conception d'un modèle basé sur des connaissances imparfaites

Compte tenu des limitations des modèles numériques disponibles, nous proposons de construire une structure d'agrégation s'appliquant au processus réel d'évaluation du risque d'audit. Le contexte informationnel, caractérisé par l'incertitude et l'imprécision des informations disponibles nous amène à inscrire notre modèle dans un traitement par la logique floue.

2.1 Evaluation par des valeurs linguistiques « context dependent »

Nous retenons du modèle de Cooley et Hicks la représentation des évaluations des jugements de l'auditeur au moyen de variables linguistiques exprimant sa confiance dans la procédure testée. Pour des

De ces deux variables linguistiques, il est possible de déterminer la valeur *Modéré* par l'utilisation de la fonction Π associée. Il s'agit en effet d'une extension des fonctions S , par la prise en compte d'un paramètre supplémentaire b , appelé la largeur de bande. Elle permet d'obtenir une fonction symétrique, centrée sur p : b vaut la différence en valeur absolue entre les valeurs des « c ». Elle est définie par :

$$\Pi(v; b; p) = \begin{cases} S(v; p - b; p - (b / 2); p) & \text{pour } v < p \\ 1 - S(v; p; p + (b / 2); p + b) & \text{pour } v > p \end{cases}$$

La largeur retenue pour *Modéré* est 2. De plus, concernant *Fort* et *faible*, elle est centrée sur : $p = (p_{Fort} + p_{faible}) / 2 = (9 + 1) / 2 = 5$. Donc : $\mu_{Modéré}(v) = (v; 2; 5)$, ce qui nous donne la variable linguistique suivante : *Modéré* = 0,5 [4] ; 1 [5] ; 0,5 [6]

Les variables *très faible* et *très fort* sont obtenues par : $Très(X) = \{(\mu(x))^2; [x]\}$ avec $X = \{\mu(x); [x]\}$. On obtient donc :

Très faible = 1 [1] ; 0,766 [2] ; 0,25 [3] ; 0,016 [4] et *Très Fort* = 0,016 [6] ; 0,25 [7] ; 0,766 [8] ; 1 [9]

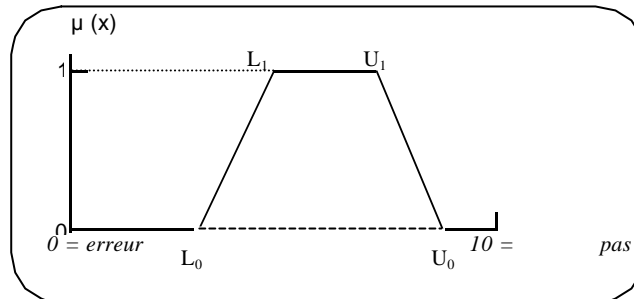
¹⁰ La formulation générale de ce principe est la suivante :

Soient : X , variable floue définie par $\{i, \mu_x(i)\}$ Y , variable floue définie par $\{j, \mu_y(j)\}$

Alors : $x * y = \nu_{i,j}(\mu_x(i) \wedge \mu_y(j)) [i * j]$, où $*$ désigne l'une des opérations suivantes : +, -, *, /, min, max.

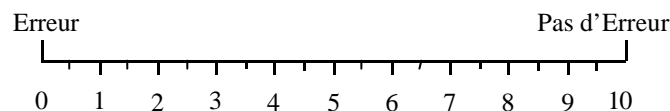
Il suffit de choisir parmi ces opérations pour obtenir différents types d'agrégation.

motifs d'ordre calculatoire [KLIR, YUAN, 95], nous suggérons d'utiliser les nombres flous trapézoïdaux (NFT) pour définir les formes des variables linguistiques ¹¹ :



Les paramètres L_0 , L_1 , U_1 , U_0 seront déterminés par un questionnaire psychométrique ¹², reposant la méthode dite des experts [ALADENISE, BOUCHON-MEUNIER 97].

Elle repose sur l'explicitation, sur l'échelle suivante :



d'une part de ce qui, dans la proposition, appartient absolument au domaine concerné (déterminant le noyau $[L_1-U_1]$), et d'autre part ce qui n'appartient absolument pas (déterminant le support $[L_0-U_0]$),).

Les valeurs retenues pour le modèle seront la moyenne des évaluations individuelles (support et noyau) fournies par le questionnaire pour chacune des variables linguistiques. Cette liste sera complétée par les valeurs [cer] (certitude correspondant au point $\{x=10 ; \mu(x)=1\}$), et [stat] (fonction d'appartenance déterminée par la distribution de probabilités renvoyée par les procédures d'échantillonnage statistique).

¹¹ Les calculs sous forme de NFT sont facilités car la théorie classique des intervalles permet de définir les opérations arithmétiques de la façon suivante :

Supposons X et Y deux NFT définis respectivement par les quadruplets $\{x_1, x_2, x_3, x_4\}$ et $\{y_1, y_2, y_3, y_4\}$, alors :

$$X + Y = \{x_1 + y_1, x_2 + y_2, x_3 + y_3, x_4 + y_4\} ; X - Y = \{x_1 - y_4, x_2 - y_3, x_3 - y_2, x_4 - y_1\}$$

$$X * Y = \{\min(x_1 * y_1, x_1 * y_4, x_4 * y_1, x_4 * y_4), \min(x_2 * y_2, x_2 * y_3, x_3 * y_2, x_3 * y_3), \max(x_2 * y_2, x_2 * y_3, x_3 * y_2, x_3 * y_3), \max(x_1 * y_1, x_1 * y_4, x_4 * y_1, x_4 * y_4)\}$$

$$X \text{ MIN } Y = \{x_1 \text{ min } y_1, x_2 \text{ min } y_2, x_3 \text{ min } y_3, x_4 \text{ min } y_4\} ; X \text{ MAX } Y = \{x_1 \text{ max } y_1, x_2 \text{ max } y_2, x_3 \text{ max } y_3, x_4 \text{ max } y_4\}$$

¹² Cf. Annexe 2 pour un exemplaire du questionnaire.

L'équation de l'auditeur devient donc une agrégation de jugements de confiance portés par le professionnel sur ses diverses composantes et exprimée par l'une de ces 7 évaluations.

2.2 Structure d'agrégation

Notre point de départ est *l'ignorance de la structure exacte d'agrégation*.

a) Traitement des procédures de détection

Nous suggérons de nous placer dans la situation la plus défavorable en considérant a priori que les *procédures de détection d'erreurs* (i.e. les procédures visant à détecter une erreur potentiellement existante, issue du contrôle interne (*CR*) ou des différentes procédures de l'auditeur (*Ra*, *KI*, *Stat*), et noté *ADR*) n'ont pas d'effet conjugué sur l'évaluation du risque d'erreur final : la confiance globale sera donnée par la procédure procurant la confiance la plus élevée, ce qui mathématiquement se traduit par l'utilisation de l'opérateur Max (noté \vee) :

$$[CR] \vee [KI] \vee [Ra] \vee [Stat] = [ADR]$$

Cette première équation, donnée au niveau de chaque compte peut être affinée. En effet en évoluant au sein d'un environnement à *IR* donné, l'état d'ignorance sur ce *qui est enregistré* n'est pas absolu : le pourcentage *t* de Key-items qui est testé sera exempt d'erreurs de manière certaine. D'où :

- *t* % du solde comptable validé directement :

$$[KI] = [ADR(t)]$$

- % restant, validés indirectement par l'analyse des procédures :

$$[CR] \vee [Ra] \vee [Stat] = [ADR(1-t)]$$

Les deux cas étant exclusifs l'un de l'autre, on obtient donc l'équation suivante :

$$t [KI] + (1-t) [[CR] \vee [Ra] \vee [Stat]] = [ADR]$$

ADR représente donc la confiance globale dans les comptes à évaluer correctement ce qui est enregistré, compte tenu de *IR* donné par ailleurs.

b) Traitement de IR

L'évaluation du risque lié à l'environnement revient à évaluer le contexte informationnel dans lequel s'inscrit le processus d'élaboration des états financiers. Pour apprécier AR, le risque global, un auditeur prendra en compte à la fois la capacité du système (Contrôle Interne + Auditeur) à détecter et corriger des erreurs (ADR) et le risque d'existence d'une erreur (IR).

Nous proposons d'utiliser dans un premier temps le plus simple des opérateurs de compensation : la moyenne.

Modèle M1	$[AR]$ $=$ $0,5 ([IR] + [ADR])$
avec :	$[ADR] = t [KI] + (1-t) [(CR) \vee [Ra] \vee [Stat]]$

3. Expérimentation et discussion

3.1 Méthodologie

Nous avons mené une étude auprès d'un grand cabinet d'audit de la place de Paris (Big 6). Nous avons obtenu 69 évaluations réelles de comptes, détaillées selon les différentes composantes du risque, et recueillies sous la forme de confiance dans la procédure testée, évaluées par l'une des 5 valeurs linguistiques *très faible, faible, modérée, forte, très forte*, auxquelles s'ajoutent les évaluations *cer* et *stat*.¹³

Le questionnaire psychométrique a permis d'obtenir les valeurs suivantes, définissant ainsi les NFT des variables linguistiques désormais utilisées par le modèle :

Valeur	L ₀	L ₁	U ₁	U ₀
<i>Très faible</i>	0,0	0,0	2,1	4,9

¹³ Cf. annexe 1 pour un exemplaire du questionnaire.

<i>faible</i>	0,5	2,1	4,3	6,2
<i>Modéré</i>	2,8	4,4	6,4	7,7
<i>Fort</i>	5,4	6,9	8,8	9,9
<i>Très Fort</i>	6,7	8,9	10,0	10,0

Les tests menés sur les modèles portent sur la comparaison ¹⁴ entre l'évaluation théorique fournie par le modèle et l'évaluation réelle donnée par l'auditeur du risque d'audit ([AR]) sur le compte testé :

- l'évaluation théorique résulte de l'agrégation théorique des évaluations des composantes (IR, CR, etc.), telles que données par l'auditeur.
- l'évaluation réelle est la réponse obtenue à la question suivante :

Q8 « A l'issue de l'audit de ce compte, quel est votre niveau de confiance ? »

⊕ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕
 Très faible Faible Modérée Forte Très forte

3.2 Test Modèle M1

Les résultats obtenus sur les données réelles sont les suivants :

Test M1	\bar{x}	<i>s</i>	PV%
<i>Total</i>	-0,09	0,91	67 %

On peut noter que ce premier modèle M1, simple dans son expression, obtient cependant des résultats très supérieurs au modèle d'agrégation probabiliste. En effet, celui-ci appliqué aux mêmes données (après retraitement transformant les valeurs linguistiques exprimant une confiance en probabilité de risque d'erreur), montre une sous estimation du risque par le modèle probabiliste de 20 % (résultat conforme à d'autres études [DUSENBURY, REIMERS, WHEELER, 1996]).

¹⁴ Nous proposons de calculer l'écart $E = \text{théorique} - \text{réel}$ de la manière suivante [MANSUR, 96]:

$$E = (L_{0(T)} + L_{1(T)} + U_{1(T)} + U_{0(T)})/4 - (L_{0(R)} + L_{1(R)} + U_{1(R)} + U_{0(R)})/4$$

Nous présenterons les moyennes \bar{x} et écart types *s* des écarts calculés, ainsi que le % d'évaluations (noté **PV%**) de AR comportant strictement la même évaluation de la part de l'auditeur et du modèle, lorsqu'elle est exprimée en valeur linguistique. L'équivalent linguistique du NFT calculé par le modèle sera la variable linguistique la plus proche (obtenue par minimisation de la distance entre les centres de gravités des NFT).

Nous proposons donc de retenir la moyenne comme base du modèle d'agrégation, et d'en améliorer ses performances en prenant en compte deux effets : l'effet « assertion », et l'effet « environnement extrême ».

Effet « assertion »

Une segmentation par nature de compte Actif/Passif montre des résultats différenciés :

<i>Test M1</i>	\bar{x}	<i>s</i>	<i>N</i>
<i>Actif</i>	-0,16	0,85	58 %
<i>Passif</i>	-0,04	0,97	74 %
<i>Total</i>	-0,09	0,91	67 %

On remarque que le modèle sous-estime *AR* : il doit donc exister un effet venant augmenter la compensation moyenne, effet plus important pour les comptes d'actif que pour les comptes de passif.

Ce résultat peut s'expliquer par la prise en compte des assertions. Des études ont en effet montré d'une part que les assertions jouaient un rôle capital dans l'appréciation du risque par l'auditeur [NELSON, BONNER, LIBBY, 95], et que d'autre part les 5 assertions ne possédaient pas toutes la même importance selon la nature du compte audité : les comptes d'actif privilégient la *réalité*, et les comptes de passifs privilégient l'*exhaustivité* [WALLER, 93]

Pour représenter ce phénomène, nous proposons de retenir l'opérateur d'agrégation suivant :

$$A \Omega B = \lambda (A \cup B) + 0,5 (1-\lambda) (A+B) \quad \text{avec } \lambda \in [0-1]$$

Cet opérateur s'interprète comme un OU flou [BÜHLER, 94], avec les cas limites suivants :

quand $\lambda = 1$, $A \Omega B = A \cup B =$ OU classique

quand $\lambda = 0$, $A \Omega B = 0,5 (A + B) =$ moyenne

On aboutit donc à l'équation globale suivante :

[AR]

=

$$\lambda_N ([IR] \vee [ADR]) + (1 - \lambda_N) 0,5([IR] + [ADR])$$

avec :

$$[ADR] = t [KI] + (1-t) [[CR] \vee [Ra] \vee [Stat]]$$

$\lambda_N \rightarrow 1$ si l'on privilégie la réalité (Actif)

$\lambda_N \rightarrow 0$ si l'on privilégie l'exhaustivité (Passif)

Effet « environnement extrême »

Une analyse des écarts selon l'évaluation de l'environnement ([IR]) montre un comportement du modèle très hétérogène :

M1 selon IR	n	\bar{x}	s	PVL%
<i>très faible</i>	1	+0,55	n/a	100 %
<i>faible</i>	7	-1,22	1,02	57 %
<i>modéré</i>	17	-0,59	0,93	76 %
<i>Fort</i>	39	0,18	0,59	67 %
<i>Très Fort</i>	5	0,94	0,66	40 %
<i>Total</i>	69	-0,09	0,91	67 %

On constate une très nette tendance à s'éloigner de la moyenne au fur et à mesure que *IR* s'éloigne d'une valeur située entre modérée et Fort. Une explication possible de ce phénomène pourrait être liée à l'absence d'habitude de l'auditeur à intervenir dans un environnement «extrême », modifiant ainsi son appréciation du risque en surpondérant l'importance accordé à l'environnement. Des effets d'ordre psychologique¹⁵ rentraient ainsi en jeu, non pris en compte par le modèle M1.

Nous proposons de représenter ce phénomène en rajoutant le facteur λ_N (6,7-[IR]), 6,7 étant la valeur moyenne obtenue par défuzzification COG des évaluations réelles de [IR] sur l'échantillon.

Le modèle devient donc :

<p>Modèle M2</p> $[AR] = \lambda_N ([IR] \vee [ADR]) + 0,5 (1 - \lambda_N) ([IR] + [ADR]) + \lambda_N (6,7 - [IR])$ <p>avec :</p> $[ADR] = t [KI] + (1-t) [[CR] \vee [Ra] \vee [Stat]]$ <p>$\lambda_N \rightarrow 1$ pour les comptes d'Actif $\lambda_N \rightarrow 0$ pour les comptes de Passif</p>
--

¹⁵ Si les travaux en théorie de la décision accorde au comportement de l'individu face au risque une place prépondérante, cette question reste encore à explorer en matière d'évaluation du risque d'audit.

3.2 Test Modèle M2

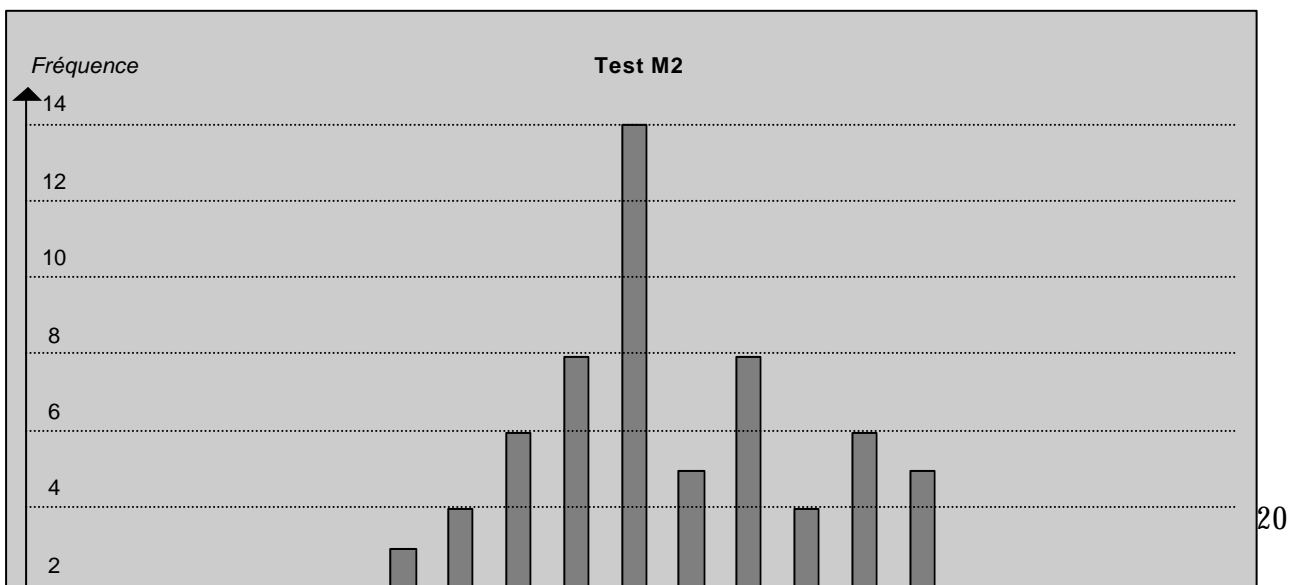
Les résultats obtenus par M2 sont les suivants :

$$\lambda_{\text{Actif}} = 0,35 \quad \lambda_{\text{Passif}} = 0,03$$

M2	n	\bar{x}	s	PVL%
Actif	31	0,03	0,62	68 %
Passif	39	0,01	0,94	74 %
Total	69	0,02	0,81	71 %

M2 selon IR	n	\bar{x}	s	PVL%
très faible	1	0,82	n/a	100 %
faible	7	-0,28	1,21	86 %
modéré	17	-0,25	0,91	82 %
Fort	39	0,02	0,64	64 %
Très Fort	5	0,64	0,77	60 %
Total	69	0,02	0,81	71 %

On constate un comportement plus homogène selon les différentes catégories que celui de M1, se traduisant par une distribution des écarts de type gaussien.



4. Conclusion

Notre approche a consisté en une approche théorique de la structure d'agrégation du risque d'audit, validée par une expérimentation sur données réelles. Elle a eu pour objectif de rapprocher la pratique (utilisation de mots pour la représentation des connaissances) et la théorie (construction de modèles d'évaluations pour quantifier le risque).

Son originalité a été de mettre en évidence les perspectives d'un modèle d'évaluation du risque inscrit dans le cadre de la logique floue (évaluation sous forme de variables linguistiques, agrégation au moyen d'un opérateur flou). On doit noter que seul ce traitement autorise une modélisation réaliste des résultats des évaluations globales (grâce notamment à la modulation selon la nature du compte), ce qui constitue un important progrès par rapport aux modèles numériques existants.

Cependant certaines caractéristiques de cette étude en limitent la portée :

1. Les données réelles proviennent d'un unique cabinet d'audit,
2. Nous nous sommes limitées à l'explicitation de l'agrégation au niveau des couples Procédures/assertions : l'évaluation de chacun de ces couples à partir des travaux réalisés a été considérée par cette étude comme résultant d'un processus type « boîte noire ».
3. La modulation du modèle selon la nature Actif/Passif doit être améliorée, (par exemple Immobilisation, Actifs circulant, Fonds propres, Provisions, Dettes LT, Dettes CT)) afin de corriger certaines anomalies apparentes constatées sur l'échantillon (mêmes données réelles élémentaires, mais évaluation globale réelle différente),
4. Nous nous sommes limités à un opérateur flou type moyenne entre *IR* et *ADR*. Il conviendrait donc de poursuivre l'analyse au sein d'*ADR*, notamment en prenant en compte des effets de redondance

d'informations entre les évaluations des différents types de procédures (par exemple la Revue Analytique *RA* pouvant venir renforcer *CR*).

Nous nous proposons donc de poursuivre dans cette voie, lors de prochaines enquêtes administrées au sein d'autres firmes.

Enfin, le modèle que nous proposons ne prétend pas a priori expliquer les phénomènes à l'œuvre lors de l'évaluation du risque d'audit. Il avait pour premier objectif la démonstration qu'un modèle reposant sur une évaluation linguistique et une agrégation non déterministe pouvait atteindre un niveau prédictif largement supérieur aux modèles numériques existants. Ce résultat a effectivement été atteint en identifiant différents effets, pour lesquels nous avons suggéré une modélisation. Il reste néanmoins à en comprendre leur nature et leur impact sur le comportement de l'auditeur. Nous nous proposons de contribuer à ce travail en continuant de tester d'autres types d'agrégation et de modélisation de ces effets.

Annexe 1 : Questionnaire Risque d'audit

Environnement

1) Hors de toute procédure de contrôle, quelle est votre confiance dans la capacité de l'entreprise à enregistrer sans erreur tout fait générateur d'écritures comptables affectant ce compte:

 Très faible Faible Modérée Forte Très forte

Approche système

2) Les contrôles sur les flux significatifs alimentant ce compte ont-ils été directement testés par une approche système ?

oui : remplir le tableau en 3), puis passer à 4)

non : passer à directement à 4)

3)	<i>Flux 1</i>	<i>Flux 2</i>
% en valeur du compte	%	%
Votre confiance dans la capacité du contrôle interne à détecter une erreur significative	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Tf f M F TF	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Tf f M F TF

Approche substantive

4) Une revue analytique a-t-elle été effectuée ?

oui minimal corroborative persuasive

non

5) Quel % du compte a été validé exhaustivement (key items) ?

 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

6) Hors Key-Items, un test informel a-t-il été mené ?

oui : précisez :

non

7) Hors Key-Items, un test statistique a-t-il été mené ?

oui : précisez :

non

Confiance globale

8) A l'issue de l'audit de ce compte, quel est votre niveau de confiance ?

 Très faible Faible Modérée Forte Très forte

9) Dans le cas où vous avez une confiance très forte, vous déclarez vous certain qu'il n'y a pas d'erreurs significatives dans ce compte ?

oui

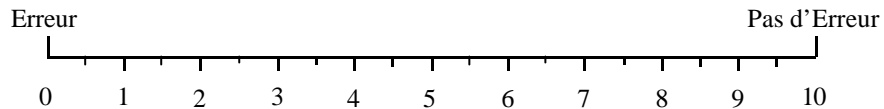
non

Annexe 2 : Exemple Questionnaire Psychométrique

Supposons qu'il existe un axe gradué de 0 à 10 permettant de situer le niveau du risque d'audit. avec :

0 : Il y a une erreur significative dans les comptes,

10 : Il n'y a pas d'erreur significative dans les comptes.



Pour qualifier la confiance que vous avez dans les comptes, vous ne disposez que des cinq qualificatifs suivants :

TRES FAIBLE, FAIBLE, MODEREE, FORTE, TRES FORTE.

1) Quand vous dites « J'ai une confiance *TRES FAIBLE* dans les comptes »

Quels sont les niveaux représentant absolument ce que vous voulez dire ? ___ ___

Quels sont les niveaux ne représentant absolument pas ce que vous voulez dire ? ___

Ces questions ont été administrées pour chacune des 5 variables linguistiques.

Bibliographie

- American Institute of Certified Public Accountant : AICPA Professional Standards, vol.1, US Auditing Standards, AICPA, New York, 1992.
- BONNER (S.E.), LIBBY (R.), NELSON (M.W.) : « Using Decision Aids to Improve Auditors' Conditional Probability Judgements »; *The Accounting Review*, vol. 71, n°2, Avril 1996, pp. 221-240.
- BORITZ J.E., GABER B.G., LEMON W.M. : « Managing Audit Risk », *CA Magazine*, vol. 120, n°1, 1987, pp.36-41.
- BOUCHON-MEUNIER (B.), ALADENISE (N.) : « Acquisition de connaissances imparfaites : mise en évidence d'une fonction d'appartenance ». *Revue internationale de systémique*, vol.11, n°1, 1997, pp. 109-127.
- BÜHLER H.R. : *Réglage par la logique floue*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 1994
- CASTA (Jean François) : « Le nombre et son ombre. Mesure, imprécision et incertitude en comptabilité », *Annales du Management, XIIèmes Journées Nationales des IAE*, Montpellier, 1994, pp.78-100.
- COOLEY (John W.) and HICKS (James O.) : « A fuzzy approach to aggregating internal control judgements » *Management Science*, vol 29, n°3, Mars 1983, pp. 317-334.
- CUSHING (B.E.), LOEBBECKE (J.K.) : « Analytical approaches to audit risk : a survey and analysis »; *Auditing : Journal of Practice & Theory*, n°3 (Fall); 1983, pp.23-41.
- DUSENBURY R., REIMERS J.L., WHEELER S. : « An Empirical study of Belief based and Probability-based Specification of Audit Risk », *Auditing : A journal of Practice & Theory*, vol.15, n°2, 1996-Fall, pp.13-27.
- DUTTA S.K, SRIVASTAVA.R.P. : « Aggregation of Evidence in Auditing : A likelihood Perspective », *Auditing : A journal of Practice & Theory*, vol.12, Supplement, 1993, pp.137-172.
- JANELL P., WRIGHT A. : Inherent risk and control environment assessments practices of major auditing firms : Implications for practice and future research. Working Paper. North-Eastern University, 1992
- KELLY (L.) : « Formulation of the accountant's materiality through fuzzy sets theory »; *TIMS, Studies in Management Sciences*, Amsterdam, 1984, pp. 489-494
- KLIR (George), YUAN (Bo) : *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic, Theory and Applications* ; Prentice Hall, USA ; 1995
- KRISHNAMOORTHY (K) : « Discussion of Aggregation of Evidence in Auditing : A likelihood Perspective », *Auditing : A journal of Practice & Theory*, vol.12, Supplement, 1993, pp.161-166.
- LEA (R.B.), ADAMS (S.J.), BOYKIN (R.F.) : « Modeling of the Audit Risk Assessment Process at the Assertion Level Within an Account Balance », *Auditing, A journal of Practice and Theory*, vol. 11, Supplement, 1992, pp. 153-179.
- LIN (W.T.) : « A bayesian analysis of audit tests with fuzzy sets »; *TIMS, Studies in Management Sciences, Amsterdam*, 1984, pp. 495-510.
- LOEBBECKE (J.K.) : « Discussion of Aggregation of Evidence in Auditing : A likelihood Perspective », *Auditing : A journal of Practice & Theory*, vol.12, Supplement, 1993, pp.167-172.
- MANSUR (Yusuf M.) : *Fuzzy sets and economics, applications of fuzzy mathematics to non cooperative oligopoly* ; Edward Elgar Publishing Limited, Cambridge ; 1995.
- MACFADGEN D.N.: «Discussion of When Numbers Are Better Than Words : The Joint Effects of Response Representation and Experience on Inherent Risk Judgments », *Auditing : A Journal of Practice and Theory*, vol.13 Supplement, 1994, pp.20-23.
- NELSON (M.W.), BONNER (S.E.), LIBBY (R.) : « Knowledge Structure and the Estimation of Conditionnal Probabilities in Audit Planning »; *The Accounting Review*, vol. 70, n°1; Janvier 1995; pp. 27-47
- NORWICH, TÜRKSEN : « A Model for the measurement of membership and the consequences of its empirical implementation », *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 12, 1984, pp.1-25.
- REIMERS J., WHEELER S., DUSENBURY R. : « The Effect of Response Mode on Auditors' Control Risk Assessments », *Auditing : A journal of Practice & Theory*, vol 12, n°2, Fall 1993, pp.62-78.
- RENNIE M. : « Discussion of When Numbers Are Better Than Words : The Joint Effects of Response Representation and Experience on Inherent Risk Judgments », *Auditing : A Journal of Practice and Theory*, vol.13 Supplement,, 1994, pp.24-28.
- SRIVASTAVA (Rajendra P.), SHAFER (Glenn R.) : « Belief-Function Formulas for Audit Risk », *The Accounting Review*, vol. 87, n° 2, Avril 1992, pp. 249-283.
- STONE D.N., DILLA W.N. : « When Numbers Are Better Than Words : The Joint Effects of Response Representation and Experience on Inherent Risk Judgments », *Auditing : A Journal of Practice and Theory*, vol.13 Supplement,, 1994, pp.1-19.
- WALLER W.S. : Auditor's risk assessments : Effects of task experience, conditioning information, and precision on second order uncertainty, Working Paper, University of Arizona, 1995.

n° 9713 : Evaluation du risque d'audit : proposition d'un modèle linguistique

WALLER W.S. : « Auditor's Assessments of Inherent and Control Risk in Field Settings »; *The Accounting Review*, Vol. 88, n°4, Octobre 1993, pp. 783-803.