

La modélisation des avantages au personnel : complexité et limites du modèle actuariel, le rôle majeur des comportements humains

Stéphane Marquetty et Éric Collet

Volume 79, numéro 1-2, 2011

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/1091862ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/1091862ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Faculté des sciences de l'administration, Université Laval

ISSN

1705-7299 (imprimé)

2371-4913 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer ce document

Marquetty, S. & Collet, É. (2011). La modélisation des avantages au personnel : complexité et limites du modèle actuariel, le rôle majeur des comportements humains. *Assurances et gestion des risques / Insurance and Risk Management*, 79(1-2), 125–159. <https://doi.org/10.7202/1091862ar>

Résumé de l'article

L'étude porte sur la modélisation financière d'avantages accordés au personnel d'une entreprise. Elle montre, en plusieurs étapes, la manière de construire un modèle actuariel dont l'objectif est de calculer le poids financier des engagements sociaux accordés par une entreprise. La finalité est de comptabiliser, à sa juste valeur, les provisions financières correspondantes en vertu des normes comptables internationales (IFRS) définissant les avantages au personnel (IAS 19). Elle est illustrée par un exemple concret, celui de l'accord collectif de cessation progressive d'activité mis en place à la SNCF en 2008 (source : *Conseil d'Orientation des Retraites, document n°10, 11/02/2009*).

Il s'agit de mettre en lumière la complexité inhérente d'une telle modélisation à la fois en termes de méthode et au choix de modélisation, ainsi que les limites issues des hypothèses retenues (formalisation théorique et calibration). La complexité et le rôle majeur de la connaissance des comportements humains sont soulignés au regard de l'appréciation de la confiance à accorder aux estimations financières obtenues.

La modélisation des avantages au personnel : complexité et limites du modèle actuariel, le rôle majeur des comportements humains

par Stéphane Marquetty et Éric Collet

RÉSUMÉ

L'étude porte sur la modélisation financière d'avantages accordés au personnel d'une entreprise. Elle montre, en plusieurs étapes, la manière de construire un modèle actuariel dont l'objectif est de calculer le poids financier des engagements sociaux accordés par une entreprise. La finalité est de comptabiliser, à sa juste valeur, les provisions financières correspondantes en vertu des normes comptables internationales (IFRS) définissant les avantages au personnel (IAS 19). Elle est illustrée par un exemple concret, celui de l'accord collectif de cessation progressive d'activité mis en place à la SNCF en 2008 (*source : Conseil d'Orientation des Retraites, document n°10, 11/02/2009*).

Il s'agit de mettre en lumière la complexité inhérente d'une telle modélisation à la fois en termes de méthode et au choix de modélisation, ainsi que les limites issues des hypothèses retenues (formalisation théorique et calibration). La complexité et le rôle majeur de la connaissance des comportements humains sont soulignés au regard de l'appréciation de la confiance à accorder aux estimations financières obtenues.

Mots clés : Modélisation financière, modèle actuariel.

Les auteurs :

Stéphane Marquetty, Centre d'Études Actuarielles (CEA), 2008 - 2010, Master 2 Gestion Globale des Risques et des Crises / Master 2 Gestion et Organisation, Université La Sorbonne Paris I – Ingénieur Centrale Nantes – SNCF Direction Financière, Modèle de gestion et provisions techniques – marquetty.stephane@yahoo.fr.

Éric Collet, Centre d'Études Actuarielles (CEA), 2008 – 2010, Allianz, chef de projet au sein l'unité métier des nouveaux produits d'assurance vie dans le domaine de l'épargne retraite individuelle et collective, eric2.collet@laposte.net. Les auteurs sont membres Membres de l'Institut des Actuaire (France).

En conclusion, il est possible de disposer effectivement de gammes de résultats pour réagir par rapport à la représentativité des enjeux financiers. En revanche, cela ne permet pas de disposer d'un intervalle de confiance suffisamment crédible pour piloter en sérénité la gestion de ce type d'avantages au personnel.

ABSTRACT

The study is about the financial modelling of the advantages offered to the employees of a company. It shows in several steps, the way to build an actuarial model which aim is to evaluate the financial burden of social commitments granted by a company. The aim is to enter the commitments in the accounts, at their fair value, of the relating financial provisions in accordance with the International Financial Reporting Standards (IFRS) defining the employees benefits (IAS 19). It is demonstrated by a concrete example. Said example is the one of a phased-in retirement held at SNCF on 2008 (source : Advisory Board for Pensions ("COR : Conseil d'Orientation des Retraites"), document n°10, 11/02/2009).

The aim is to show the complexity of such a modelling in terms of method and of choice of modelling, and the limits of the assumption (theoretical formalisation and calibration). The complexity and major role of human behaviour knowledge are underscored in the light of the estimation of the trust given to the financial assessment obtained.

To conclude, it is possible to obtain a tangible range of results to react toward the image of the financial implication. Nevertheless, it does allow to obtain a range of sufficient credibility to handle with trust such social advantages.

Keywords: Financial modelling, actuarial model.

PRÉAMBULE

Bien qu'inspirés de supports et faits réels, l'étude présente des analyses, commentaires et estimations financières qui ne sauraient en rien engager les entreprises objets de l'étude (SNCF ou ses filiales, Allianz ou ses filiales). De plus, pour respecter les obligations en vigueur, les données numériques utilisées sont uniquement issues de supports documentaires du domaine public (essentiellement accessible par Internet). Les informations de l'accord collectif étudié proviennent des documents du Conseil d'Orientation des Retraites accessibles au public. Quant aux valeurs numériques, ce sont les données disponibles dans le bilan social et le rapport financier 2008 de la SNCF (accessibles au public). Les autres types de documents utilisés sont toujours issus du domaine public (Internet), à savoir les circulaires du Ministère des solidarités, de la santé et de la famille, les publications du Sénat, de l'Assemblée Nationale Française, les enquêtes de l'Insee et enfin, les communications des partenaires sociaux sur leurs sites internet. Tous les résultats numériques sont fictifs et non opposables.

La rédaction du mémoire d'actuariat s'est tenue sous la conduite de messieurs Christophe Eberlé, président et directeur associé d'Optimind, et Antoine Moreau, directeur général et directeur Scientifique de l'institut IPSOS France. La direction de l'enseignement fut assurée par le directeur des études du Centre d'Études Actuarielles, monsieur Christian-Yann Robert.

Les auteurs tiennent à remercier l'ensemble des personnes citées pour la confiance, le soutien et les encouragements qui ont pu être exprimés.

Cet article est dédié à messieurs Serge Gayraud, directeur délégué RH/Les Services RH, et Emmanuel Kesler, directeur de la Direction Financière EPIC de la SNCF.

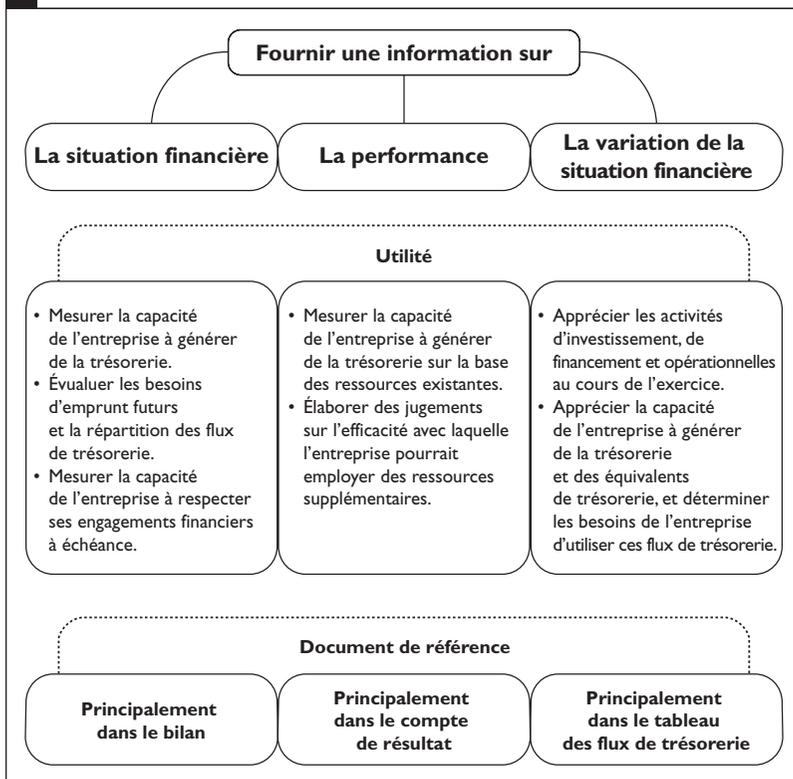
I. INTRODUCTION

Les normes d'information financière internationale (IFRS) marquent une évolution de la comptabilité vers une approche économique au détriment de l'approche patrimoniale et vers un souci d'évaluer au mieux la performance financière de l'entreprise. La primauté de la réalité économique sur l'apparence juridique, l'évaluation à la juste valeur, le recours à l'actualisation, l'exigence d'une information très complète dans l'annexe constituent les orientations réglementaires actuelles.

Cet article est structuré selon trois axes :

- Le premier axe présente le cadre, les objectifs et la démarche générale suivie pour conduire l'étude,
- ensuite, les modalités d'évaluations financières de l'engagement, à savoir le modèle analytique et le modèle stochastique, sont présentées,
- enfin, la dernière partie est consacrée à la modélisation du comportement humain. Elle vient compléter et enrichir la problématique concernant les limites de la modélisation de certains types d'avantages au personnel.

**FIGURE I
OBJECTIFS DES ÉTATS FINANCIERS**



Source : « Maîtriser les IFRS, Groupe Revue Fiduciaire, 4^e édition 2009 », les auteurs, 2010.

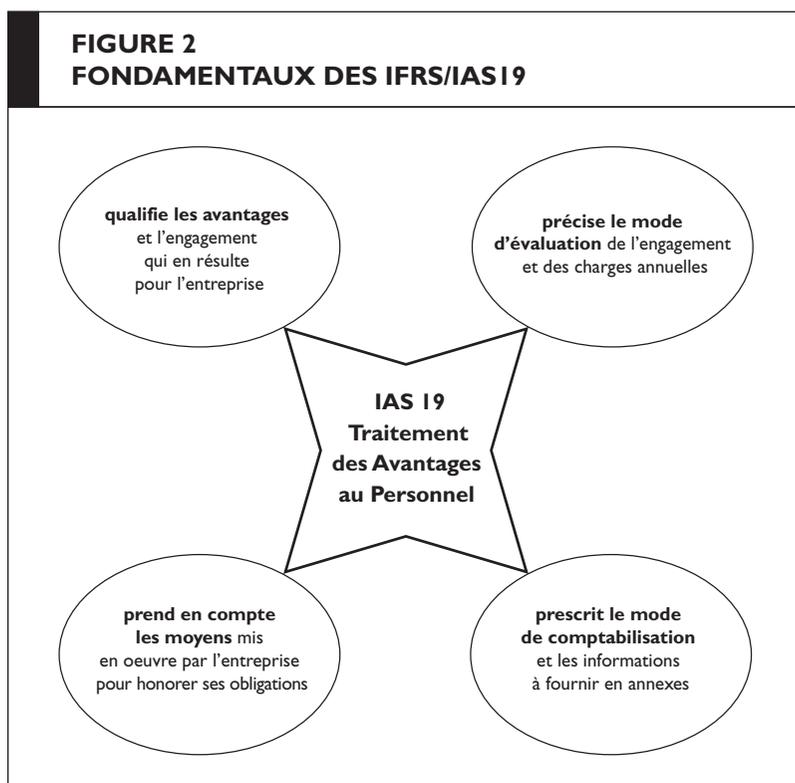
2. CONTEXTE, DÉMARCHE ET OBJECTIFS

2.1 Vocation de la norme IFRS/IAS 19 des avantages au personnel

La norme IFRS/IAS 19 constitue la norme spécifique relative aux « avantages au personnel ». Elle indique comment identifier, valoriser et comptabiliser les avantages sociaux accordés aux salariés d'une entreprise (et à ses ex-salariés le cas échéant). De manière plus générale, la norme impose la comptabilisation d'un passif lorsqu'un membre du personnel a rendu des services en contrepartie des avantages au personnel (eux-mêmes versés à une date future).

C'est pourquoi, il importe de mesurer précisément le poids des engagements sociaux, et d'anticiper les charges futures associées, ce qui implique de construire un bilan actuariel. Il a vocation à présenter une situation patrimoniale de l'entreprise en termes d'engagements sociaux (actifs et passifs) et, en fin de restitution, une vision des flux (charges et produits) ainsi que les prestations payées et les cotisations versées. À ce titre, le traitement actuariel d'un avantage futur non mesurable et souvent hypothétique permet d'en déterminer un montant précis. Il s'agit donc d'une valorisation d'un salaire différé actualisé et probabilisé, qui permet de prendre des décisions rationnelles de couverture et de placement.

Les dispositifs sociaux de fin d'activité sont soumis à l'application de la norme IFRS/IAS19, en particulier les accords de cessation d'activité publics ou privés. Ils représentent souvent un passif important pour les grandes structures industrielles et de services car ce sont des



Source : « Maîtriser les IFRS, Groupe Revue Fiduciaire, 4^e édition 2009 », les auteurs, 2010.

engagements qui interviennent en supplément de ceux liés à la retraite et qui influencent les résultats financiers et le pilotage des entreprises.

2.2 Objectif et démarche

L'objectif de l'étude est de souligner les enjeux et l'importance pour une entreprise d'être capable d'évaluer financièrement, de manière « juste » et « opposable » les avantages sociaux accordés au personnel. En effet, ces engagements représentent souvent des montants importants, et ils peuvent avoir un impact significatif sur le résultat net d'une entreprise. Par exemple, fin 2009, France Telecom avait annoncé dans la presse une estimation de l'ordre de 700M€ pour la mise en place d'un temps partiel pour les séniors. La présente étude cherche à la fois à évaluer le montant des engagements pris, à porter un regard critique sur les estimations réalisées, à apprécier les facteurs d'incertitude, et à estimer la volatilité du résultat et sa sensibilité par rapport aux paramètres économiques, financiers, et humains utilisés dans la modélisation.

C'est ce qui a été réalisé au travers de l'exemple du dispositif de CPA mis en place à la SNCF, en construisant deux modèles, un analytique et un stochastique. La modélisation a été réalisée à partir de données disponibles dans le domaine public. L'intérêt d'une telle démarche est de se positionner intellectuellement en tant qu'analystes financiers d'une part, et, d'autre part, de se confronter à la réalité économique du marché, à savoir comment trouver « l'information ».

L'étude fait l'objet d'un approfondissement des limites et de la complexité de la modélisation en soulignant, en particulier, la criticité du mode d'estimation du comportement humain. Une méthode spécifique d'analyse a été construite pour traiter ce dernier point.

En résumé, l'objectif et la démarche de notre étude sont de :

- Souligner les enjeux de l'évaluation et de la comptabilisation d'avantages sociaux accordés aux salariés d'une entreprise.
- Illustrer ces derniers par un exemple appliqué à un dispositif de cessation progressive d'activité (CPA) d'une entreprise industrielle et commerciale, la SNCF.
- Montrer la richesse des informations financières et techniques disponibles en accès libre.
- Construire les évaluations financières à l'aide de deux modèles : analytique et stochastique.

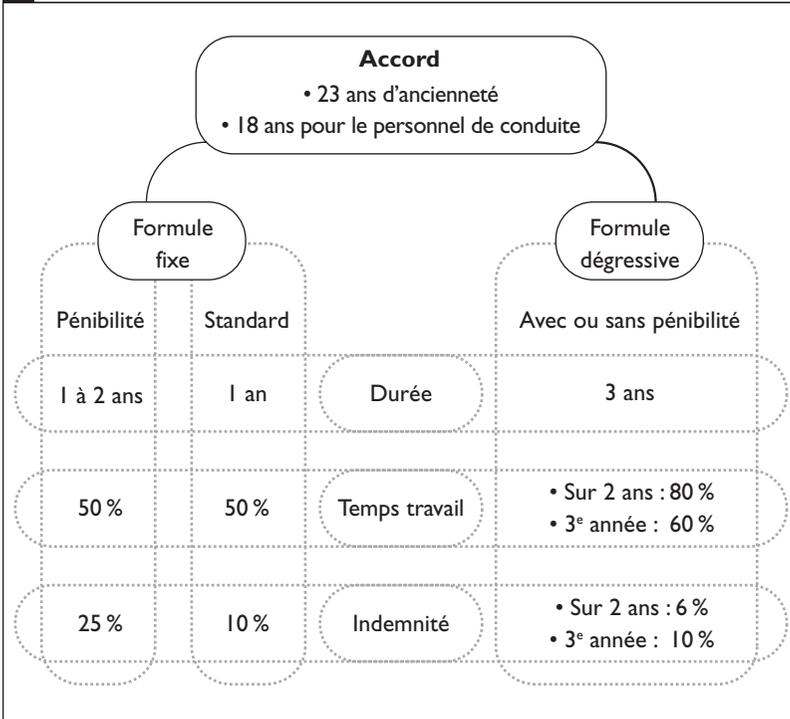
- Présenter les résultats des évaluations, leur sensibilité par rapport aux hypothèses du modèle, ainsi que leur volatilité.
- Approfondir l'étude des limites du modèle actuariel par rapport aux aléas du comportement humain au travers d'une tentative de modélisation de celui-ci.

2.3 Une illustration par un accord de fin d'activité

Plus concrètement, la cessation progressive d'activité est un dispositif dont l'objectif est d'aménager le temps de travail en fin de carrière des salariés. Elle fixe ainsi une formule de temps de travail permettant de ménager une période de transition entre l'activité professionnelle et le départ en retraite. Dans l'entreprise de transport ferroviaire qu'est la SNCF en France, un accord collectif en ce sens a été mise en œuvre en 2008. Ses finalités en termes de gestion des ressources humaines sont, d'une part, de faciliter l'allongement de la durée de la vie professionnelle résultant du nombre plus important d'annuités de cotisations nécessaire pour obtenir le pourcentage maximum de pension suite à la réforme du régime spécial du régime de retraite des personnels SNCF. D'autre part, il s'agit de tenir compte de la pénibilité de certains métiers dans les critères d'application de cet aménagement du temps de travail. Le texte intégral de l'accord est disponible au niveau du document n°10 du Conseil d'Orientation des Retraites (11/02/2009) et sur les sites internet des partenaires sociaux de la SNCF.

L'accord est offert à tout agent de la SNCF (au cadre permanent ou contractuel en activité), volontaire, totalisant 23 ans d'ancienneté à la SNCF ou 18 ans d'ancienneté sur un grade de conduite. Comme l'indique le rapport du Conseil d'Orientation des Retraites (COR), deux formules sont offertes aux salariés : dégressive sur un horizon de 3 ans et fixe sur un horizon compris entre 12 et 24 mois selon un critère de pénibilité. Lorsqu'un agent a exercé une activité pénible pendant au moins 12 ans, l'indemnité complémentaire de CPA n'est pas de 10 % mais de 25 % sur une durée comprise entre 12 et 24 mois selon la durée d'activité dans des métiers pénibles et la catégorie socioprofessionnelle du salarié concerné.

**FIGURE 3
PRÉSENTATION SIMPLIFIÉ DE L'ACCORD
DE CESSATION PROGRESSIVE D'ACTIVITÉ DE LA SNCF**



Source : les auteurs, 2010.

3. LES MODALITÉS DE CONSTRUCTION D'UN MODÈLE ÉCONOMIQUE

L'accord de cessation progressive d'activité (CPA) nécessite la construction d'un modèle économique actuariel pour estimer le montant des provisions financières à inscrire dans les comptes de l'entreprise étudiée. Deux approches ont été retenues pour conduire ces estimations financières. La première approche, qui peut être qualifiée d'analytique, repose sur la construction d'un modèle de calcul utilisant uniquement des données observées et projetées selon les clauses définies dans l'accord. Les évaluations de la provision financière (à partir des données observables) issues de la méthode analytique ont permis de constater la très grande dépendance du modèle par rapport aux paramètres constitutifs du modèle. Cette sensibilité à la variation

(volatilité) est issue à la fois de paramètres exogènes liés à l'environnement économique (taux d'intérêt, croissance globale du marché...) et de paramètres endogènes de l'entreprise (comportement des salariés vis-à-vis de l'accord et conditions financières offertes par l'accord).

Pour tenir compte de ce premier constat, la seconde approche repose sur une modélisation stochastique des différents paramètres statiques du modèle analytique. L'intérêt d'une telle démarche est de disposer d'une lumière 'critique' et 'enrichissante' de l'approche courante de modélisation analytique. Cette approche retient d'ailleurs une classification des paramètres en deux types de facteurs : économiques et humains. En effet, le pilotage économique d'entreprise cherche à prévoir et maîtriser ses charges futures. C'est ainsi que connaître le poids et les effets de chaque paramètre dans l'estimation financière aide à construire des politiques de ressources humaines pour diminuer, à terme, ses charges, et aussi de mieux apprécier l'importance de chaque clause d'un accord collectif.

3.1 Cartographie des facteurs pour la modélisation actuarielle et principe de calcul

La figure 4 synthétise les différents paramètres actuariels qui interviennent dans la modélisation.

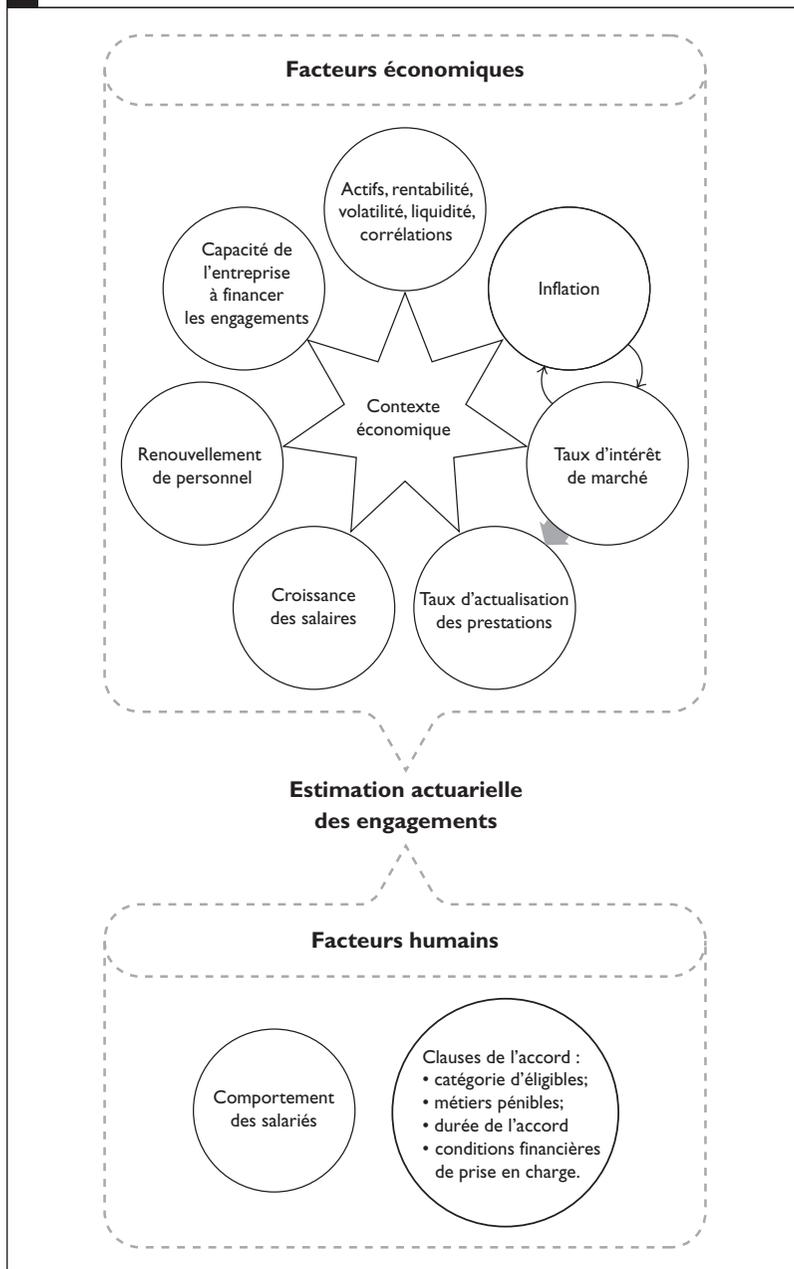
En résumé, pour évaluer le montant de l'engagement lié à l'accord collectif, nous avons distingué trois grandes classes de facteurs (ou paramètres) :

- les facteurs liés à l'environnement économique dans lequel évolue l'entreprise (taux d'inflation, taux d'intérêt influençant le taux d'actualisation des prestations),
- les facteurs liés à la vie de l'entreprise elle-même (taux de renouvellement du personnel, croissance des salaires),
- ainsi que les facteurs humains, qui regroupent l'appétence des salariés à faire appel au dispositif ou non, ainsi que les clauses de l'accord qui modulent l'avantage selon différents critères (pénibilité, durée, ...).

Le principe de calcul des engagements au titre des avantages au personnel repose sur l'évaluation de la valeur actuelle probable de ce dernier (voir figure 5).

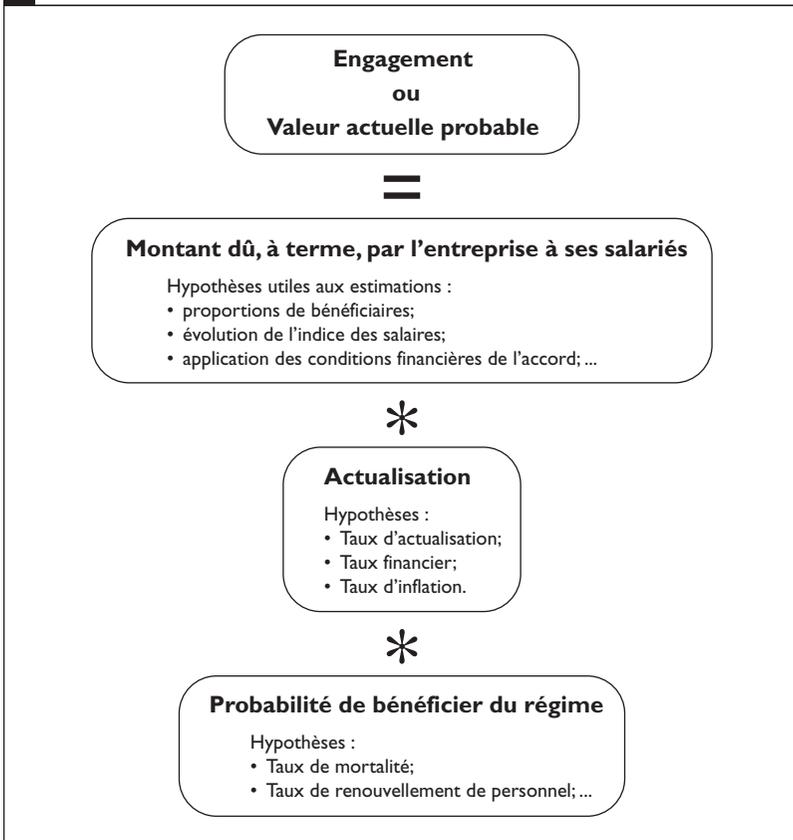
En résumé, le montant de l'engagement financier pris par l'entreprise au travers de ce dispositif est estimé en procédant au calcul d'une valeur actuelle probable (VAP) :

FIGURE 4
FACTEURS INTERVENANT DANS L'ESTIMATION
ACTUARIELLE DES ENGAGEMENTS SOCIAUX



Source : les auteurs, 2010.

FIGURE 5

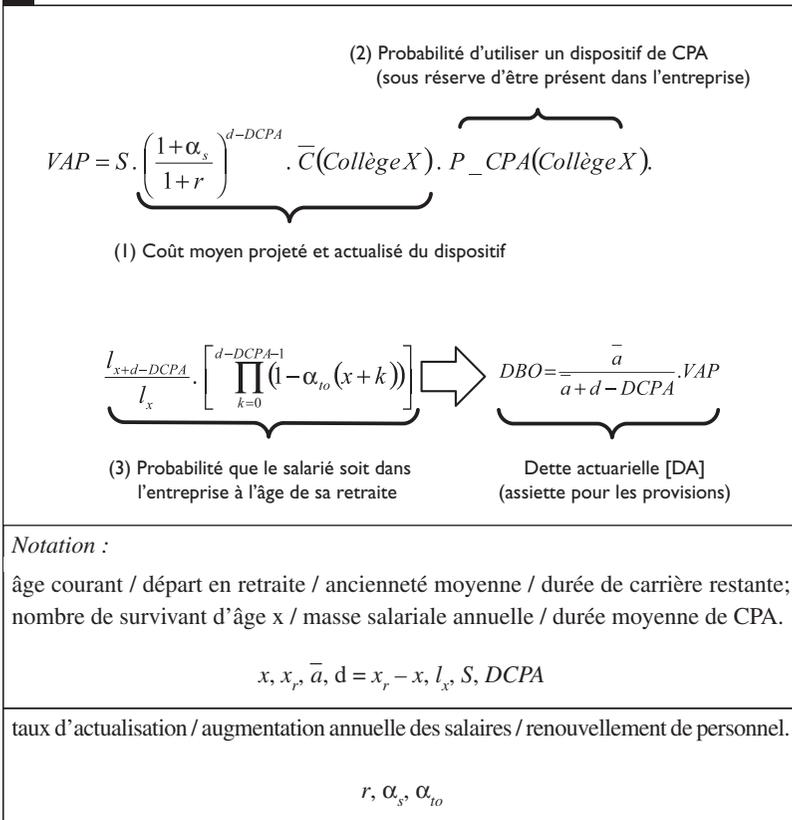


- Le montant dû aux salariés est estimé au terme, soit à la date à laquelle ces salariés feront appel au dispositif, puis ce montant est actualisé afin d'en ramener la valeur à la date de comptabilisation.
- Sur ce montant, la probabilité que le salarié puisse effectivement bénéficier de ce dispositif est appliquée.

3.2 La modélisation théorique

Que les paramètres du modèle d'évaluation soient stochastiques ou non, ce dernier repose sur un modèle individuel par salarié (ou par tête) tenant un poste susceptible de lui donner le droit de bénéficier d'une CPA en fin de carrière. La formulation mathématique est démontrée sur la figure 6.

FIGURE 6
VALEUR DE L'ENGAGEMENT LIÉ AU DISPOSITIF DE CPA



Source : les auteurs, 2010.

3.2.1 La valeur actuelle probable (VAP)

Elle se décompose en 3 termes :

Un premier correspondant au coût moyen projeté et actualisé du dispositif.

- la structure et les assiettes de rémunération utilisées ont été reconstituées par catégorie socioprofessionnelle (CSP) à partir des données du bilan social de la SNCF,
- à cette base salariale ainsi obtenue, nous déterminons l'indemnité que l'entreprise doit prendre à sa charge (à partir du coût du dispositif calculé pour un euro de salaire).

- Ce coût unitaire a d'abord été calculé pour chacune des formules proposées. Puis en pondérant chacune de ces formules, nous avons déduit un coût unitaire moyen du dispositif pour chaque collège de salarié.
- Nous avons ensuite projeté ces données au terme, en émettant des hypothèses sur l'âge de départ en retraite à partir des textes liés à la réforme du régime spécial.
- Enfin, nous avons actualisé ce résultat avec le taux figurant dans le rapport financier.
- Nous estimons ainsi au final le coût moyen projeté et actualisé du dispositif pour l'entreprise.
- Sur ce coût moyen, nous appliquons ensuite 2 probabilités :
celle pour le salarié de faire effectivement appel à ce dispositif. Pour estimer cette probabilité par catégorie socioprofessionnelle, nous avons utilisé le retour d'expérience de la fonction publique,
celle pour que le salarié soit effectivement encore en vie et toujours dans l'entreprise au moment de pouvoir faire appel au dispositif.

Seule la part déjà acquise de la VAP est à provisionner. C'est pourquoi, conformément aux prescriptions de la norme IAS19, pour un exercice comptable [n], la DBO représente le montant de l'engagement actuariel, à savoir la dette actuarielle (DA). La déclinaison des provisions dans les comptes de l'entreprise est fonction de la qualification de l'avantage au personnel retenue au titre des normes IFRS/IAS19.

Le tableau 1 souligne et résume schématiquement la capacité à trouver l'ensemble des données nécessaires à la modélisation dans le domaine public.

3.2.2 Première limite de modélisation : le choix du mode d'estimation du nombre de bénéficiaires

Pour estimer le taux de bénéficiaire du dispositif, en l'absence d'historique, nous avons utilisé le retour d'expérience de la fonction publique. Le nombre de dossiers de CPA déposés a été déterminé en étendant le nombre de dépôts observés dans l'éducation nationale et la Direction Générale des impôts, et ceci en tenant compte des critères de CSP et de sexe dans les rapprochements. Avec ce nombre de dépôts ainsi obtenu, nous avons estimé la probabilité d'exercer le droit selon trois scénarios (voir le tableau 2).

**TABLEAU 1
SYNTHÈSE DES SOURCES DES DONNÉES
UTILISÉES POUR LA MODÉLISATION**

(1)	Assiette de rémunération	(bilan social SNCF 2008) reconstitution d'une grille de rémunération
	Structure de rémunération	(bilan social SNCF 2008) reconstitution d'une grille de rémunération avec classification par âge moyen et catégorie socioprofessionnelle (CSP).
	Taux de cotisations	(projet de loi de finance 2009) utilisation des références légales (patronale et salariale)
	Taux d'actualisation	(rapport financier 2008) données déclaratives des états comptables
(2)	Comportement des salariés	(retour d'expérience de la fonction publique) construction de ratio de bénéficiaires de CPA par catégorie socioprofessionnelle (CSP).
(3)	Taux de renouvellement du personnel	(bilan social SNCF 2008) taux approximativement proche de 0%
	Age de départ en retraite	(Sénat, réforme des retraites 2007) analyse et définition de seuils de départs en retraite.

Source : les auteurs, 2010.

TABLEAU 2

	Type d'approche	Description
[i]	Proportionnelle avec assiette des salariés en âge de prendre leurs retraites	Ratio sur la base des salariés éligibles à la retraite en début d'année
[ii]	Proportionnelle avec assiette des salariés ayant pris leurs retraites	Ratio sur la base des salariés ayant pris leurs retraites concrètement
[iii]	Proportionnelle avec assiette de l'ensemble des salariés	Ratio sur la base de la population globale des salariés

La limite de cette approche est la difficulté à évaluer correctement ce taux de bénéficiaires en l'absence de données historiques et à projeter dans le temps son évolution. Le comportement des salariés est, par essence, incertain. Une ré-estimation régulière de ces ratios sera nécessaire au fur et à mesure de l'accumulation de données

issues de l'expérience. À partir des données reconstituées du domaine public, les estimations des ratios par catégorie socioprofessionnelle sont présentées ci-dessous.

TABLEAU 3		
Taux de bénéficiaires (en %)	Scénario 1	Scénario 2
Exécution conduite	3,7	20,3
Exécution sédentaire	4,3	21,8
Maîtrise	3,6	21,7
Cadre	3,1	18,4
Cadre supérieur	1,8	7,5
Total	3,7	20,5

(Données fictives)

- Le choix de la méthode de mesure constitue la première limite avérée de la modélisation analytique.
- Le taux de proportion des bénéficiaires influence directement le montant de la valeur actuelle probable conformément à la formulation mathématique modélisée de l'accord collectif.

3.2.3 Estimation numérique de la modélisation analytique

À partir des données reconstituées, les estimations financières de cessation progressive d'activité (CPA) sont présentées ci-dessous.

TABLEAU 4						
Scénario	Taux de bénéficiaires	Exercice comptable 2009	Estimation financière en M€			
			VAP	DBO	Services rendus	Coûts financiers
I	3,70%	ouverture	87	51	2,8	2,7
		clôture	98	59	3,1	2,6
II	20,50%	ouverture	474	281	15,3	14,9
		clôture	542	328	17,4	14,8

(Données fictives)

Par rapport aux normes IFRS, la DBO est calculée en considérant qu'il s'agit d'un nouveau plan (accord signé courant 2008). La provision financière peut être inscrite en totalité dans le compte de résultat de l'année, ou selon le principe des coûts des services passés de la norme IAS19.

Les résultats de la simulation financière nous permettent de tirer plusieurs enseignements importants :

- Nous constatons une très forte sensibilité des résultats aux hypothèses du modèle, dont, en tout premier lieu, le taux de bénéficiaires du dispositif.
- L'écart entre les résultats (60 M€ et 300M€) confirment l'importance de la criticité de l'estimation du paramétrage du modèle.
- Le montant de l'engagement financier est très élevé en termes d'impact sur le résultat net de l'entreprise.
- Nous relevons également, même si ce point n'apparaît pas dans ce tableau synthétique, que la durée « variable » des formules de CPA et la notion de « pénibilité », ont une influence importante sur le coût final du dispositif pour l'entreprise.

Si nous résumons les analyses :

- Modèle construit uniquement avec des données publiques observées et projetées.
- Importance du montant de l'engagement au regard du résultat net de l'entreprise.
- Sensibilité aux hypothèses : écart de 1 à 5 entre les deux scénarios.
- Criticité du mode d'estimation de la proportion des bénéficiaires qui font appel au dispositif.
- Sensibilité du coût de l'engagement à la durée possible de la formule retenue et selon que le dispositif concerne (ou non) un salarié avec un métier avec un critère de pénibilité.

Afin d'approfondir les résultats de ce premier modèle et d'en apprécier la fiabilité et la pertinence, nous avons construit un second modèle stochastique.

3.3 La modélisation stochastique

En rendant aléatoire les paramètres du modèle, nous cherchons à identifier la volatilité de l'engagement financier et à apprécier la sensibilité de chacun des paramètres sur le résultat. Il est à noter que

nous avons exclu dans notre modélisation l'étude des corrélations entre les paramètres financiers. Ainsi, les paramètres économiques et financiers du modèle sont devenus des variables aléatoires à l'exception du paramètre de «taux de bénéficiaires» dont nous avons voulu isoler les effets dans une seconde approche. Cette approche nous permet de disposer de deux nouvelles gammes de résultats, à savoir :

- une première gamme à iso-méthode pour ce qui est de l'estimation du taux de bénéficiaires, mais avec comme variables aléatoires les taux d'inflation, d'actualisation et d'évolution des rémunérations et de rotation du personnel,
- une seconde gamme de résultat pour laquelle nous isolons l'influence de l'estimation du taux de bénéficiaire

Cette modélisation fait l'objet d'une programmation, essentiellement, à l'aide du logiciel « open source » R, via un travail important de programmation.

Chaque paramètre fait lui-même l'objet d'une modélisation afin de pouvoir programmer par la suite un jeu de simulations avec des variations aléatoires de chacun des paramètres du modèle. Une présentation succincte est décrite dans la suite de ce chapitre.

En résumé, il s'agit de :

- Restituer une vision de l'aléa dans l'estimation de l'engagement.
- Mesurer la volatilité de l'engagement, déterminer des intervalles de confiance, valider les résultats de l'approche analytique.
- Modéliser sous forme stochastique des variables du modèle analytique (sauf le taux de bénéficiaires en première approche).
- Programmer 8 « modules informatiques » sous logiciel R, de l'ordre de 200 lignes de codes par module.

3.3.1 Modélisation du paramètre du taux d'inflation

Le taux d'inflation est constitutif du taux de croissance des salaires, c'est pourquoi il est nécessaire de le modéliser.

Pour cela, nous avons fait appel au modèle de A.D.Wilkie, qui représente un modèle universitaire classique utilisé par les économistes, même si plusieurs réserves sont exprimées sur celui-ci. Pour s'assurer de la pertinence de ce modèle, nous avons également choisi de confronter les résultats avec une autre modélisation sous la forme d'un processus autorégressif à moyenne mobile (ARMA). Les simulations permettent de retenir le modèle d'A.D.Wilkie, même s'il semble plus simplificateur qu'un modèle ARMA a priori.

FIGURE 7

Modèle A.D.Wilkie

$$I_t = \bar{i} + a \cdot [I_{t-1} - \bar{i}] + \sigma \varepsilon_t$$

avec

$$I_t = \ln \left[\frac{Ind(t)}{Ind(t-1)} \right]$$

• Calibrage sous R :

$$I_t = 0.00118807 + 0.1786 \cdot I_{t-1} + 0.00237592 \cdot \varepsilon_t$$

Calibrage des modèles (sous R) et simulations de scénarios :

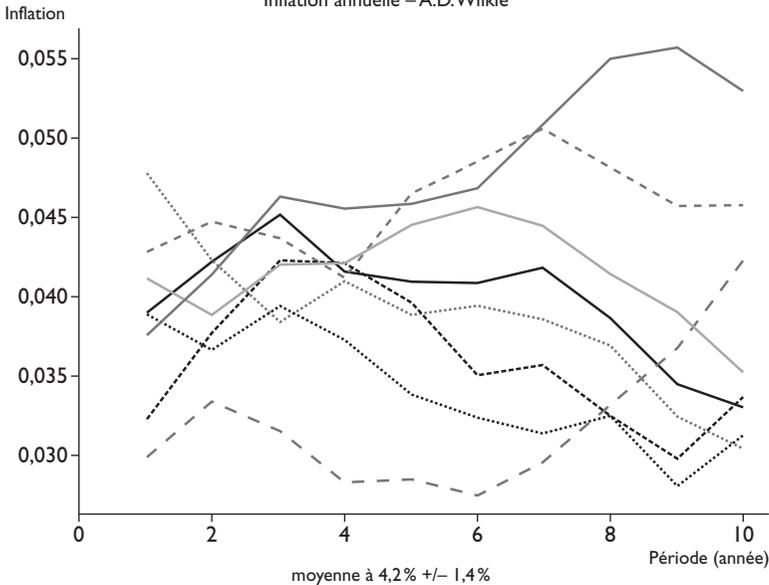
- une modélisation à prendre avec précaution au vu de l'actualité économique récente;
- une robustesse du modèle à approfondir.

Modèle ARMA

• Modèle ARMA (3,1) retenu avec R

	ar1	ar2	ar3	ma1	intercept
	0.5616	-0.1649	-0.0074	-0.4194	0,0014
s.e	0.4639	0.1015	0.0890	0.4601	0,0002

Inflation annuelle – A.D.Wilkie



simulation n°1 — simulation n°3 — simulation n°5 - - - simulation n°7
simulation n°2 simulation n°4 - - - - simulation n°6 - - - simulation n°8 —

Le calibrage du modèle a été effectué sous R à l'aide des données INSEE de l'indice des prix à la consommation (IPC) sur une période de 10 ans. Cette modélisation n'intègre donc pas les scénarios extrêmes (chocs inflationnistes par exemple) mais nous permet de prendre en compte la sensibilité de ce paramètre dans un contexte économique stable pour notre modélisation. L'inflation initiale au titre de l'exercice 2008 a été calibrée à 2%.

Il est alors possible de calibrer le modèle de taux d'inflation et de générer des modèles prédictifs d'inflation sur la durée future. Cependant, deux limites importantes sont à souligner au travers de cette représentation :

- une modélisation à prendre avec précaution au vu de l'actualité économique récente, en particulier sur la notion de prédiction de tendances pour estimer les taux dont l'inflation,
- une robustesse du modèle théorique à approfondir au regard de l'environnement économique de l'entreprise étudiée.

3.3.2 Modélisation du taux d'augmentation des salaires

La formule proposée par Kalfon et Geubez dans leur ouvrage sur les engagements sociaux permet de disposer d'un modèle théorique du taux d'augmentation des salaires. Elle se décompose en 3 termes liés au pouvoir d'achat (considéré comme proche de zéro), à l'évolution de carrière et à l'inflation. Schématiquement, la formule est :

$$(1 + s_{x+k}^t) = (1 + aug_{x+k}). (1 + pa^t). (1 + inf^t)$$

aug_{x+k} terme lié à l'évolution du pouvoir d'achat en [t]

pa^t terme lié à l'évolution de carrière à l'âge $x + k$

inf^t terme lié à l'inflation de l'année [t].

Pour estimer le terme lié à l'évolution de carrière, une table de croissance de la rémunération par âge a été reconstituée à partir de données disponibles. Ces évolutions ont ensuite été appliquées sur les données moyennes du bilan social de la SNCF. Au final, cette table est construite en distinguant le niveau de rémunération par rapport à l'âge du salarié et par rapport à sa catégorie socioprofessionnelle (CSP).

Nous soulignons les limites de cette table par rapport à la qualité de données privées dont l'entreprise SNCF pourrait disposer. L'esprit de la norme comptable IFRS/IAS19 est de s'attacher à utiliser des données objectives et opposables. C'est pourquoi, effectuer des calculs « tête par tête » permet de disposer d'une représentativité plus conforme à la réalité économique de l'entreprise. Cependant, les

tendances ainsi reconstituées nous permettent de disposer d'une cohérence globale des rémunérations de l'entreprise étudiée. Ces tendances ont été lissées avec le logiciel R.

Ainsi, en combinant les simulations de l'inflation et de l'augmentation du salaire lié à l'évolution de carrière, nous disposons de courbes de prédiction du taux d'augmentation des salaires pour chaque collègue de salariés. En résumé, la méthode est décrite dans la figure 8.

3.3.3 Modélisation du taux d'actualisation

Le rapport financier 2008 de la SNCF précise l'absence d'actifs de couverture en regard des engagements pris au titre des engagements sociaux, notamment du dispositif de CPA. À priori, nous en déduisons que le mode de fonctionnement de la SNCF suppose une valorisation très sécurisée des actifs. Comme il n'existe pas d'actifs détenus à long terme par la SNCF pour couvrir ce type d'engagement, nous retenons comme démarche de modéliser le taux d'actualisation sur la base de taux courts. Au niveau mathématique, c'est la formulation de Cox Ingersoll à un facteur d'incertitude qui est appliquée. Ce facteur d'incertitude est le taux annuel monétaire de la Banque de France (Bdf). En résumé, la méthode est décrite dans la figure 9.

3.3.4 Modélisation du taux de renouvellement du personnel

Les taux de renouvellement du personnel renseignés dans le bilan social SNCF nous fournit des informations globales par tranche d'âge et par collègue. Comme ces données publiques sont très pauvres pour notre étude, nous avons pris le parti de reconstituer de nouveau une table de taux via un générateur aléatoire de nombre autour des moyennes. Ensuite, le modèle de prédiction du taux de renouvellement du personnel repose sur le calibrage issu de ces données « historiques observées par âge » et sur une base d'un modèle de régression linéaire d'ordre 2. Même avec cette volonté de cohérence des données de calibrage, globalement, le taux de renouvellement du personnel est faible et proche de 0 quel que soit la catégorie socioprofessionnelle concernée. En résumé, la méthode est décrite dans la figure 10.

3.3.5 Estimation numérique de la modélisation stochastique

Pour conduire les évaluations stochastiques, nous menons un nombre élevé de simulations (entre 30 000 et 40 000 par scénario) afin de pouvoir appliquer le principe de la loi des grands nombres selon

FIGURE 8

Terme lié à l'évolution de carrière

- Tendence reconstituée par croisement des structures :
 - des rémunérations par qualification,
 - des rémunérations par âge.
- Lissage des données sous R (régressions linéaires).
- Prédiction des taux d'évolution de salaire.

- simulation de l'inflation
- simulation des évolutions de salaires par collègue.

Terme lié au pouvoir d'achat

- Considéré comme proche de zéro (réf. étude INSEE sur la modération salariale en France).

Prédiction du salaire annuel brut d'un agent du collège 1, âgé de 20 ans

Salaire annuel brut
(en euros)

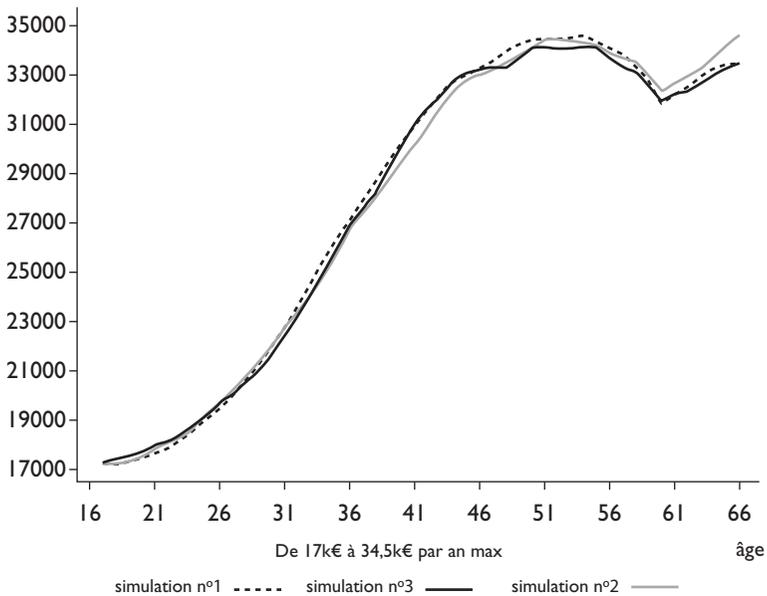


FIGURE 9

- Modélisation sur une base de taux court terme (pas de gestion d'actifs long terme par la SNCF pour couvrir son passif).
- Modélisation de Cox, Ingersoll et Ross à un facteur d'incertitude :
$$dr = a.(b - r). dt + c. \sqrt{r}. dW$$
- Calibration du modèle sous R avec la série du Taux Annuel Monétaire de la Banque de France.

Taux d'actualisation annuel sur un horizon de 40 ans, base taux court (TAM) avec inflation initiale de 2 %

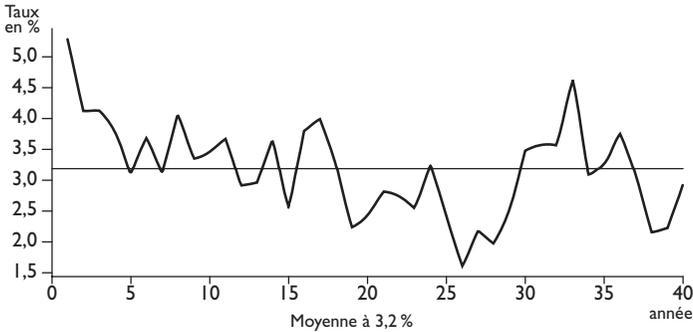


FIGURE 10

- Extraction des taux de renouvellement de personnel par année à partir des données du bilan social 2008.
- Construction d'un modèle de prédiction sous R : régression linéaire d'ordre 2.

Taux de renouvellement de personnel toutes catégories de salariés,
Régression linéaire

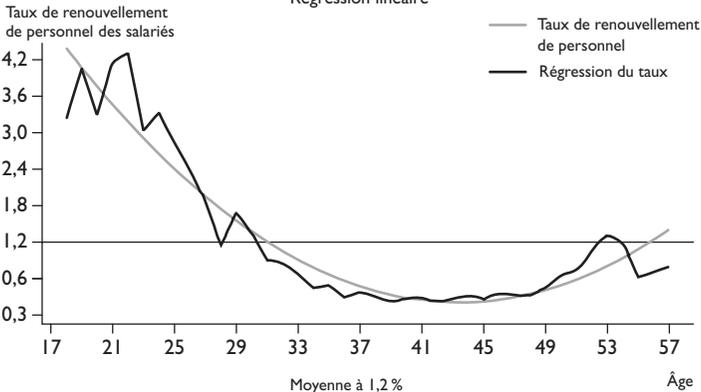


TABLEAU 5

En M€	Scénario [I], ratio bénéficiaires : 3,7%			
	VAP	DBO	Service rendus	Charge d'intérêts
Moyenne	106	62,8	3,5	5,5
Écart-type	10	5,1	0,3	0,4
IC 95%	19,8	10	0,7	0,8
▼				
En M€	Scénario [II], ratio bénéficiaires : 20,5%			
	VAP	DBO	Service rendus	Charge d'intérêts
Moyenne	606	359	19,9	30,5
Écart-type	57,8	29,3	1,9	2,2
IC 95%	113,3	57,6	3,7	4,2
▼				
Scénario [I]		Stochastique	Analytique	
DBO	Borne inf.	52,7	51,4	
	Moyenne	62,8		
	Borne sup.	72,8		
▼				
Scénario [II]		Stochastique	Analytique	
DBO	Borne inf.	302	281,1	
	Moyenne	359,5		
	Borne sup.	417,1		

(Données fictives)

les tendances observées. Lors de chacune des simulations, les valeurs des paramètres sont issues de l'estimation liée à l'application du modèle prédictif de la variable concernée (taux d'actualisation, d'augmentation des salaires, etc.). Voir le tableau 5.

Nous constatons pour :

- le scénario 1, une DBO de l'ordre de 60M€ avec un intervalle de confiance de 10 M€, à rapprocher des 50M€ estimés avec le modèle analytique;

- le scénario 2, une DBO de l'ordre de 360M€ avec un intervalle de confiance de 60M€, à rapprocher des 280M€ estimés avec le modèle analytique.

L'approche stochastique permet de rendre crédible les résultats du modèle analytique en ordre de grandeur. Cependant, l'amplitude de l'intervalle de confiance pour chacune des estimations de la DBO (+/- 20 % autour de la moyenne) est importante et nous informe peu sur la volatilité des résultats. Ce constat souligne le poids de l'incertitude liée aux seuls paramètres économiques, indépendamment de l'influence des comportements des salariés. En résumé :

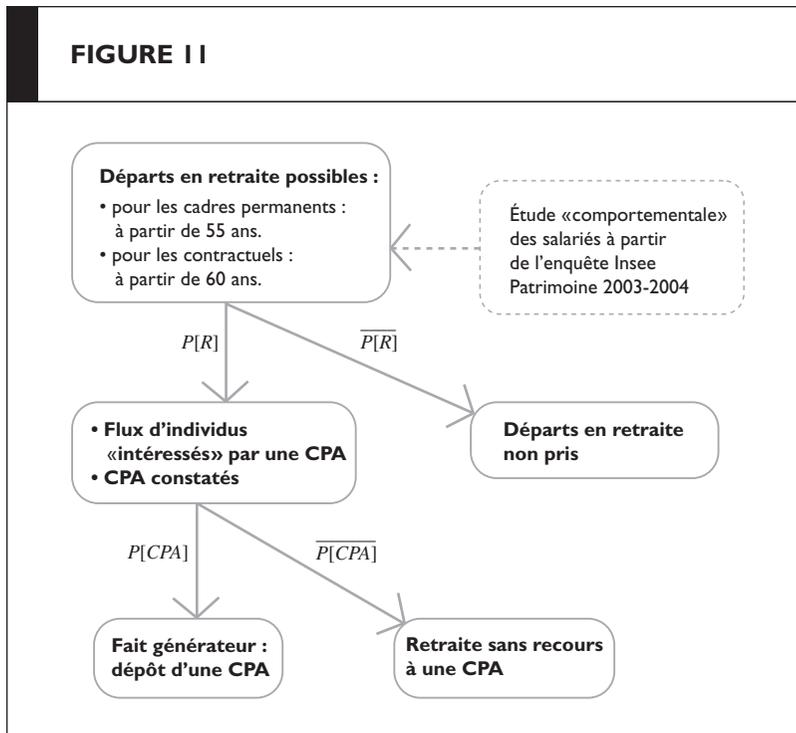
- Les ordres de grandeur entre approche analytique et stochastique sont proches en moyenne.
- Amplitude importante des variations du passif, liées aux seules variations des paramètres actuariels (inflation, actualisation, salaires, renouvellement du personnel), indépendamment du comportement des salariés.
- Nécessité d'enrichir la décomposition des résultats par la variation aléatoire successive et cumulative de chaque paramètre : cette approche enrichira l'information quant aux effets individuels de chaque paramètre.

Le nombre de paramètres à modéliser est peu élevé d'un point de vue quantitatif. En revanche, chacun d'entre eux constitue en lui-même un facteur de risque notable pour évaluer l'engagement financier lié à l'accord collectif (avantage au personnel). Il semble simple a priori de considérer que les salariés reproduiront un comportement constaté à un instant figé. Or, dès que nous approfondissons l'analyse à l'aide de données observables puis rendues aléatoires par une modélisation stochastique, les écarts sont considérables au niveau du résultat net d'une entreprise. Apparemment anodin en première approche, le modèle (et les simulations) soulignent immédiatement le rôle majeur du comportement humain pour estimer l'engagement à terme de l'entreprise.

C'est pourquoi, d'une manière macro-économique, en revenant sur l'origine même de l'accord, au fait générateur de ces risques, il est sans doute possible de diminuer sensiblement les conséquences financières d'un tel accord par le biais de clauses plus restrictives, par exemple, la durée de l'accord en lui-même, ou les conditions pour en bénéficier. Sans pour autant remettre en cause fondamentalement les principes de l'accord, il s'agirait de rechercher à diminuer les impacts sur le résultat. Tout cela milite en faveur de structures disposant de compétences et moyens pour construire et évaluer les enjeux financiers, au moment même de la négociation, d'un accord,

et d'étudier ses effets (en termes de gestion actifs/passifs) sur le pilotage économique de l'entreprise.

Nous poursuivons ensuite l'analyse de l'influence des paramètres en considérant cette fois les comportements humains, et en proposant une nouvelle modélisation pour estimer le taux de bénéficiaire du dispositif selon le scénario [iii] décrit ci-après :



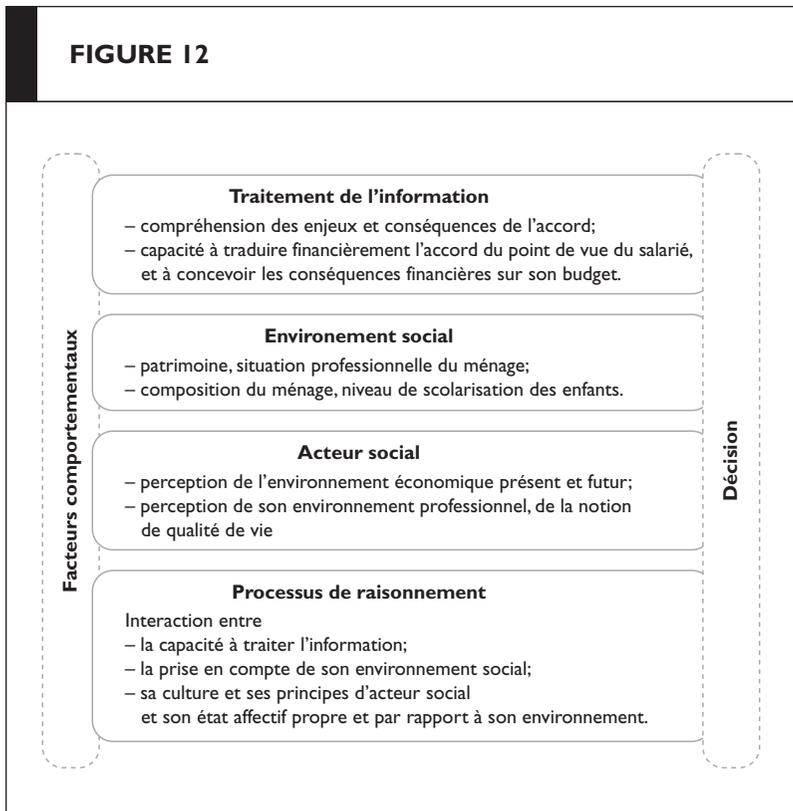
4. MODÉLISER LE COMPORTEMENT HUMAIN

Il s'agit d'être capable d'appréhender le processus de décision qui aboutit au choix de faire appel ou non au dispositif de CPA. Pour cela, nous nous sommes appuyés sur une bibliographie riche se rapportant à la théorie de la décision. Dans le cadre de notre étude, nous avons considéré que la décision dépend de différents facteurs en interaction, à savoir :

- le contexte dans lequel la personne évolue et la compréhension qu'elle a de la situation,
- son environnement social et patrimonial,

- sa représentation comme acteur social inséré dans son environnement,
- sa capacité à traiter l'information et à raisonner.

Schématiquement, nous pouvons traduire la représentation du processus de décision ainsi :



Si nous devons caractériser en une phrase le mode de décision que nous avons retenu, ce serait par la suivante : *« les décisions ne sont pas prises après avoir posé le problème et collecté toutes les informations, mais progressivement durant un processus d'action et de planification. Le choix a une place limitée dans la décision. La décision s'explique souvent mieux par les contraintes dans lesquelles elle est réalisée. »*

Sans pouvoir développer de manière approfondie (dans le cadre de ce mémoire) l'application de ces différentes théories, nous avons retenu une modélisation par une approche heuristique, en nous rame-

nant à la notion de maximisation d'une utilité espérée. L'idée est de considérer que l'impact financier et patrimonial dans le choix de partir en retraite de manière anticipée est prépondérant dans la décision.

En résumé, la méthode de raisonnement est la suivante :

- Pourquoi : pour comprendre et représenter l'évolution dans le temps du comportement des salariés, et les paramètres (préférences) qui définissent sa décision.
- Étude : cas d'un décideur individuel (le salarié) en tenant compte de trois cadres issus des notions (ou théories) de l'individu en tant qu'acteur social, influencé par sa perception du monde (environnement social), dépendant de son interprétation de l'information reçue, et de son processus de raisonnement intrinsèque.
- Un raisonnement par similarité à l'aide des données sur les comportements des salariés de la SNCF et de la population française (INSEE Patrimoine 2003-04).

4.1 Méthode de modélisation

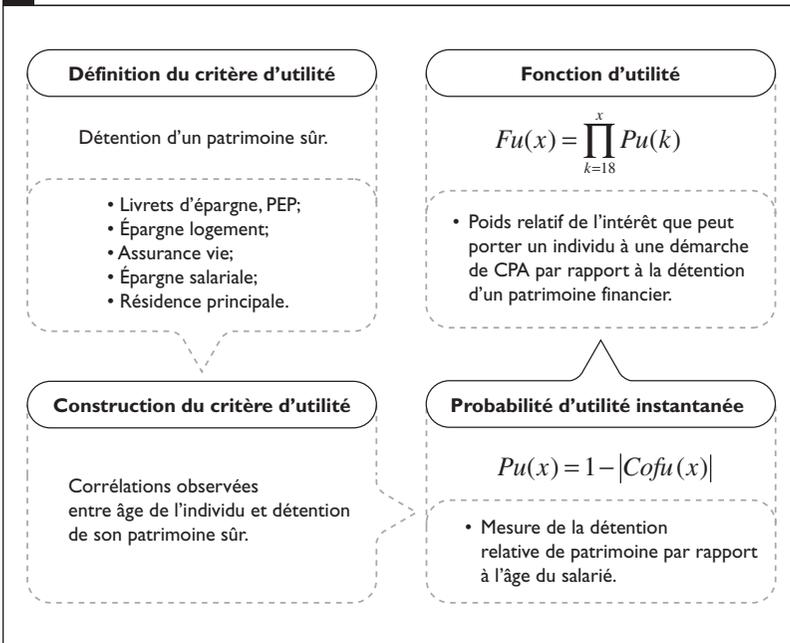
Pour construire notre modèle de comportement (ou de choix par rapport à la décision de prendre ou de ne pas prendre une CPA), nous avons raisonné par similarité avec la détention d'un patrimoine financier sûr. Pour caractériser ce mode de comportement, nous définissons une fonction d'utilité qui permet d'évaluer le poids relatif de l'intérêt d'un salarié pour un départ en retraite anticipé en fonction du patrimoine sans risque détenu.

Les données utilisées sont tirées de l'enquête patrimoine de l'INSEE. Ces données permettent à la fois de disposer d'une représentation explicite du comportement des français, et de rendre opposable le raisonnement par similarité (grâce à des données fiables et mesurées méthodiquement).

Schématiquement, cela se traduit par les étapes de modélisation illustrées sur la figure 13.

Des données issues des fonctions d'utilité par catégorie socio-professionnelle, nous en déduisons des coefficients de régressions linéaires d'ordre 2. De ces coefficients, nous disposons ainsi d'une fonction prédictive représentative du comportement des salariés par âge et par catégorie socioprofessionnelle. Appliquée à la population éligible renseignée dans le bilan social 2008 de la SNCF, à partir du nombre de salariés observé dans le bilan social, nous sommes en mesure, de reconstituer une mesure de taux de bénéficiaires par catégorie socioprofessionnelle (CSP).

FIGURE 13



Cette étude a nécessité une programmation sous les logiciels Microsoft Access (30 requêtes), sous le logiciel libre R (4 modules de 150 lignes de codes).

4.2 L'analyse des résultats

De la même manière que pour la modélisation stochastique, nous effectuons un nombre élevé de simulations (entre 30 000 et 40 000 par scénario) afin de pouvoir appliquer le principe de la loi des grands nombres sur les tendances observées. Lors de chacune des simulations, les valeurs des paramètres sont issues de l'estimation liée à l'application du modèle prédictif de la variable concernée (taux d'actualisation, d'augmentation des salaires, etc.), mais en tenant compte de la nouvelle mesure du taux de bénéficiaires étudiée précédemment.

Deux constats se déclinent par rapport à ces résultats :

- l'ordre de grandeur des taux de bénéficiaires est plutôt proche du scénario II. Ceci tend à donner un certain niveau d'acceptation sur le fait de mesurer les tendances comportementales sur la base d'un ratio CPA/départs en retraite.

TABLEAU 6

Taux de bénéficiaires (%)		Scénario I	Scénario II	Scénario III
Exécution conduite		3,7	20,3	23,4
Exécution sédentaire		4,3	21,8	14,5
Maîtrise		3,6	21,7	12,7
Cadre		3,1	18,4	17,8
Cadre supérieur		1,8	7,5	11,3
Total		3,7	20,5	14,9
				
En M€	Scénario [III], ratio de 14,9%			
	VAP	DBO	Service rendus	Charge d'intérêts
Moyenne	469	283,5	15,6	27,7
Écart-type	43,1	22,5	1,4	1,9
IC 95 %	84,4	44,1	2,8	3,7
				
En M€		Stochastique	Analytique	
DBO	Borne inf.	239,4	229,5	
	Moyenne	283,5		
	Borne sup.	327,6		
<ul style="list-style-type: none"> • Régressions linéaires des coefficients et des fonctions d'utilité par collègue. • Fonction d'utilité appliquée à la population éligible, détermination du nouveau taux de bénéficiaires, et mode d'évaluation financière identique au modèle stochastique. 				

- un rapprochement est possible par rapport aux analyses de la DARES sur les bénéficiaires de dispositifs publics de cessation d'activité anticipée fin 2008; en effet, 17 % des hommes bénéficiant d'une mesure publique de cessation anticipée d'activité.

De la même manière que précédemment, nous effectuons de nouveau un ensemble de simulations pour disposer de la mesure financière de l'engagement. En comparaison par rapport au scénario [II], nous constatons un écart relatif important avec cette nouvelle approche : 283,5M€ pour le scénario [III] à comparer à 359,5M€ pour le scénario [II].

En résumé :

- Crédibilité de la construction des hypothèses du scénario [III] au regard des analyses de l'Insee sur les tendances en termes d'utilisation de cessation d'activité en France.
- Relative proximité des résultats obtenus.

5. CONCLUSIONS ET AXES DE L'AMÉLIORATION DE L'ÉTUDE

5.1 Synthèse

Les modèles (analytique comme stochastique) auront permis de montrer qu'une modélisation aboutie des engagements sociaux peut être réalisée sur la base de données accessible au public. Il sera intéressant ultérieurement de confronter les résultats obtenus :

- avec une modélisation exploitant les données privées de la SNCF (données tête par tête notamment),
- avec un historique de données plus riche (après quelques années d'observations du nombre de bénéficiaires de dispositifs de cessation progressive d'activité).

et de conforter ainsi la validité des approches proposées.

Le modèle analytique est construit sur l'estimation de nombreux paramètres (âge de départ en retraite, propension à utiliser le dispositif, durée moyenne, ventilation par formule de CPA pour le calcul des coûts unitaires, ...) qui ont nécessité d'émettre certaines hypothèses (extrapolation de données de la fonction publique...), et pour lesquels le degré d'incertitude peut rester significatif. Les écarts de provisions entre les deux scénarios illustrent bien cette incertitude. Les résultats obtenus doivent donc être pris en considération selon cette perspective.

La modélisation stochastique est quant à elle fondée sur l'estimation de paramètres selon des méthodes standards :

- modèle de A.D.Wilkie pour l'inflation,
- régressions linéaires de séries chronologiques sur la structure de rémunération afin de prédire les taux de croissance des salaires,
- modèle de Cox, Ingersoll, et Ross (CIR) qui se base sur une description générale de l'économie pour simuler des taux courts monétaires,

- régression linéaire des taux de renouvellement du personnel.

L'estimation de la propension des salariés à utiliser le dispositif de CPA a fait appel à une fonction de similarité qui établit une correspondance avec la détention d'un patrimoine sans risque.

On relèvera que cette modélisation pourrait être approfondie, notamment concernant l'estimation du taux d'actualisation (prise en compte du risque de défaut...), ou concernant l'estimation de la propension à utiliser le dispositif de CPA (prise en compte d'autres paramètres que le patrimoine).

Enfin, nous pourrions également remarquer qu'au vu :

- des montants importants des provisions évaluées (par l'approche analytique comme par l'approche stochastique),
- de l'absence d'actifs significatifs actuellement constitués par la société,

une externalisation de ces engagements auprès d'un assureur pourrait être étudiée par la SNCF.

Une telle mesure permettrait, entre autres, un meilleur adossement du passif des engagements sociaux avec des actifs et pourrait limiter ainsi les risques de volatilité de certains paramètres (taux d'actualisation notamment).

Cette solution permettrait également de bâtir un plan de financement étalé dans la durée et ainsi de moins engager la trésorerie de l'entreprise.

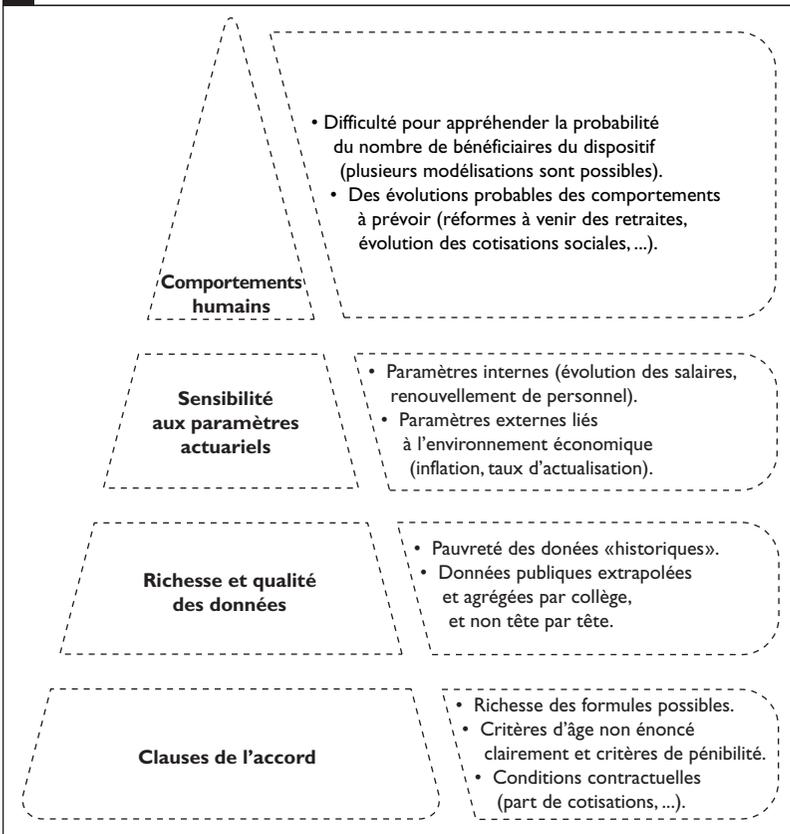
5.2 Axes de réflexions et d'enrichissements

5.2.1 Complexité de la modélisation

Le présent triangle souligne l'empilement des éléments de complexité liée à la modélisation de l'accord étudié :

- les clauses de l'accord (expressions des clauses, définition du périmètre applicable, durée de l'accord,...) influencent le coup intrinsèque de l'engagement,
- comme pour tout autre traitement financier, la qualité des données disponibles et leur richesse sont des éléments clés pour une représentation la plus explicite des engagements d'une entreprise,
- la sensibilité du modèle par rapport au calibrage des paramètres est notable (la volatilité du résultat est très conséquente pour la structure du compte de résultat d'une entreprise),

FIGURE 14



- enfin, comme nous l'avons souligné, un des paramètres clés de ce genre d'accord est la capacité à rendre compte d'un modèle de comportement des individus par rapport à ce type d'avantage au personnel.

En conclusion, il reste légitime de rester prudent quant la robustesse, non pas du modèle en lui-même, mais des paramètres utilisés pour l'estimation des résultats financiers.

5.2.2 Axes de réflexions

Si nous devons résumer en une phrase les raisons d'enrichir et d'approfondir notre étude, ce serait par la suivante : «*Nous disposons effectivement d'une gamme de résultats qui permet de réagir par rapport à la représentativité des enjeux financiers. En revanche, cela ne*

permet pas de disposer d'un intervalle de confiance suffisamment crédible pour piloter en sérénité la gestion de ces avantages au personnel. »

Plus concrètement, les axes d'enrichissement sont principalement dirigés sur :

- la qualité des données utilisées pour l'étude,
- l'amélioration des modèles utilisés pour chaque paramètre, le renforcement de l'analyse d'impacts par des simulations via des modèles de type « stress-tests », l'enrichissement du mode de simulation en rendant dépendant les différents paramètres économiques les uns des autres (via des matrices de corrélation par exemple),
- l'étude plus approfondie des effets de chaque paramètre économique indépendamment les uns des autres, puis des effets de la corrélation économique naturelle qui existent entre eux (les taux d'inflation et d'actualisation ne peuvent être modélisés indépendamment en réalité);
- le développement de l'analyse du mode de décision des salariés, aussi bien en termes d'approche théorique de la décision qu'en termes de modalités de mesure du nombre probable de bénéficiaires.

En résumé, les axes d'amélioration sont signalés dans le tableau suivant.

TABLEAU 7		
Données	Paramètres actuariels	Comportements humains
Modélisation tête par tête.	Taux d'actualisation : prise en compte d'une prime de risque et de la rémunération du capital...	Enrichissement de la modélisation des comportements humains (autres paramètres que la détention d'un patrimoine sûr, ...).
Utilisation des données privées de la SNCF.	Anticipation des réformes de retraite à venir.	
Ajustement des hypothèses avec l'enrichissement à venir des données historiques.	Anticipation des évolutions de la réglementation (taux de cotisations, ...).	Modification des comportements liés aux réformes à venir (calcul des pensions, décotes, ...).
Approfondir les clauses de l'accord en termes de risques financiers (durée de l'accord, part de rémunération reversée, etc.)	Simulations de stress, test pour mesurer l'impact de cas atypiques (chocs inflationnistes, scénario de hausse ou baisse des taux, ...).	

Références

- [1] Code IFRS et Maîtriser les IFRS, Revue Fiduciaire, 4^{ème} édition, 2009.
- [2] Modélisations stochastiques et simulations, Pierre Vallois, Ed : Ellipses.
- [3] Probabilités, Analyse des données et statistique, Gilbert Saporta, Éditions Technip.
- [4] Conseil d'Orientation des Retraites, Colloque Age et Travail, 5 avril 2001.
- [5] Rapport au Conseil d'Orientation des Retraites, « études sur l'évolution des dispositions concernant les séniors... », octobre 2007.
- [6] Document n°10 du Conseil d'Orientation des Retraites, séance plénière du 11 février 2009 à 9h30, « Les régimes de la Fonction publique et les autres régimes spéciaux : le point sur les réformes », site internet du Conseil d'Orientation des Retraites.
- [7] CNRS, rapport présenté au Conseil d'Orientation des Retraites, Les formes juridiques de cessation d'activité des salariés âgés de 55 à 64 ans, Les Cahiers du LIRHE, septembre 2005.
- [8] Sénat, Projet de loi de finances pour 2009 : Régimes sociaux et de retraite.
- [9] Ministère de l'Économie, de l'Industrie et de l'Emploi / Finances / des Solidarités, de la Santé et de la famille.
- [10] DARES, Première Information Synthèse, « Emploi et chômage des 50-64 ans en 2007 », octobre 2008.
- [11] DARES, Première Information Synthèse, « Les préretraites publiques en 2008, une baisse en continu », Juin 2009 - N° 26.3.
- [12] INSEE, Les parcours de fin de carrières des générations 1912-1941 : l'impact du cadre institutionnel », automne 2002.
- [13] « Caractéristiques des marchés du travail dans les pays de l'OCDE »; Diagnostics Prévisions et Analyses Économiques; Direction Générale du Trésor et de la Politique Économique (N° 111 – Juin 2006).
- [14] Ministère des solidarités, de la santé et de la famille, Direction de la sécurité sociale, Bureau de la législation financière – 5B, Circulaire n°DSS/5B/2005/78, <http://www.securite-sociale.fr/textes/cotis/cotisations/>.
- [15] Documentation de l'enquête patrimoine 2003-2004, Insee. La détention individuelle d'actifs patrimoniaux, « Revenus et patrimoine des ménages – Édition 2002- 2003 », Synthèses Insee n°65, paru en décembre 2002.
- [16] Documentation de l'enquête patrimoine 2003-2004, Insee. « Patrimoine des ménages début 2005 : le déploiement de l'épargne salariale », Insee Première n°985.
- [17] Documentation de l'enquête patrimoine 2003-2004, Insee. « Patrimoine : quand les ménages prennent de l'assurance », Insee Première n°1015.
- [18] Documentation de l'enquête patrimoine 2003-2004, Insee. « Patrimoine des ménages début 2004, Le déploiement de l'épargne salariale », Marie Cordier et Catherine Rougerie, division Revenus et patrimoine des ménages, Insee Première n°985.
- [19] Livret CPA, CGT, Collectif Technique National Traction, CGT Marseille, Élections CE/DP du 26 mars 2009, site internet de la CGT Marseille.
- [20] Livret CPA, Sud Rail, <http://www.sudrail-limoges.org/TCH/CPA.pdf>.
- [21] Bilan social 2008 et rapport financier 2008 de la SNCF, site internet de la SNCF, <http://www.sncf.com>.

- [22] «Probabilité et incertitude en modélisation économique», Itzhak Gilboa, Andrew W. Postlewaite, et David Schmeidler, *Journal of Economic Perspectives*, Volume 22, Numéro 3-Été 2008, Pages 173-188.
- [23] «De la théorie de la décision à l'aide à la décision», Alexis Tsoukiàs, DIMACS, Rutgers University, 2003.
- [24] «Modélisation de la démarche du décideur politique dans la perspective de l'intelligence artificielle», thèse présentée par Daniel Schneider, Université de Genève, Faculté des Sciences économiques et sociales, Département de science politique, 19 octobre 1994.
- [25] «L'essence de la décision. Le modèle de l'acteur rationnel», Graham T. Allison et Philip D. Zelikow.
- [26] «L'aversion relative au risque : que savons-nous?», Donald J. Meyer, Département d'économie, Université de Michigan Ouest, Kalamazoo, MI 49008 & Jack Meyer, Département d'économie, Université de l'État du Michigan, East Lansing, MI 48824.
- [27] «Mesure de l'aversion au risque et paradoxe d'Allais»; Sophie Nivoix; Maître de conférences à la Faculté de Droit et Sciences Sociales; Membre du CEREGE1, IAE de Poitiers (2005-06).
- [28] «Les limites du déterminisme économique sur les marchés financiers - Essai sur l'aversion au risque, ses déterminants, et son rôle dans l'investissement en actifs risqués à la lumière du programme de Markovitz»; Olivier-David Zerbib encadré par Andrew Clark (09/2007).
- [29] «Facteurs affectifs et cognitifs dans l'effet de dotation»; Florent Buisson (09/2007).
- [30] «Risque, vulnérabilité, et produits financiers : un cadre d'analyse appliqué à la microfinance agricole et rurale»; Emmanuelle BOUQUET; BIM n° - 11 décembre 2007.
- [31] «A comparison of Wilkie-Type Stochastic Investment Models», Ganeshwarsing-Rambaruth, July 2003.