Waterfall actuariel entre deux évaluations

Application aux IFC en PUC-SP et en attribution PUC-IFRIC

Périodes infra-annuelles, annuelles et pluriannuelles

Éric MANIABLE[1]

24 septembre 2026

Résumé

Ce papier prolonge les réflexions engagées sur la réécriture du coût des services rendus (CSR) construite pour que l'évolution théorique de l'engagement soit cohérente avec les hypothèses de départ, ainsi que l'adaptation de cette logique à l'attribution des droits résultant de la décision d'agenda IFRIC de 2021 sur IAS 19.

L'objectif est ici différent et complémentaire : construire un waterfall entre deux évaluations quelconques, séparées non plus nécessairement par douze mois, mais par un nombre M de mois. Le cas infra-annuel ($M < 12$) et les cas pluriannuels ($M > 12$, par exemple 24 ou 48 mois) doivent être traités sans prorata artificiel d'un coût annuel.

La proposition centrale est de retenir le mois comme unité de temps, tout en calculant directement le waterfall sur l'intervalle séparant les deux évaluations. Les mêmes formules s'appliquent ainsi à une période quelconque de 5, 8, 12, 18, 24 ou 48 mois, sans annualisation ni reconstitution d'évaluations intermédiaires. Les hypothèses d'ouverture servent à construire l'évolution théorique attendue jusqu'à la nouvelle date d'évaluation ; celle-ci permet ensuite de mesurer les effets de l'expérience et des changements d'hypothèses. Le résidu du waterfall n'est jamais forcé à zéro : il constitue un indicateur de qualité du rapprochement.

La convention retenue consiste à calculer le coût financier sur l'engagement constitué à la date d'ouverture de la période. Le coût des services rendus représente alors le coût complet de la dette nouvelle née des services rendus pendant les M mois. Cette ventilation peut différer de celle obtenue par l'enchaînement de calculs mensuels ou annuels intermédiaires, dans lesquels les droits nouvellement provisionnés deviennent progressivement eux-mêmes porteurs de coût financier. Cette différence relève d'une convention de ventilation entre coût financier et CSR ; elle ne constitue pas un écart actuariel et n'affecte pas la variation théorique totale de l'engagement.

[1] Eric Maniable est actuaire, gérant du cabinet Integr-All, professeur vacataire au Master Actuariat de l'Institut International des Assurances de Yaoundé.

1. Objet et articulation avec les travaux antérieurs

Le papier de 2019 partait du constat suivant : si les événements se réalisent exactement conformément aux hypothèses utilisées lors de l'évaluation, l'écart actuariel ne devrait pas être créé artificiellement par la méthode de calcul du coût de la période. Il proposait donc de déterminer le CSR comme la composante nécessaire, avec le coût financier, pour relier l'engagement d'ouverture à l'engagement théorique de clôture.

La note consacrée à l'IFRIC reprenait la même logique en modifiant la période d'attribution des droits lorsque la formule du régime conduit à un plafond ou à un palier de droits atteint avant l'âge de la retraite.

Le présent papier conserve ces deux principes, mais introduit trois extensions :

1. toutes les durées sont exprimées en mois ;
2. le waterfall est défini sur un intervalle de M mois quelconque ;
3. le passage entre évolution attendue et évaluation réelle est décomposé en étapes reproductibles, avec un résidu explicite.

Il faut distinguer deux objets. Le calcul actuariel de l'engagement relève de la méthode PUC-IFRIC et des règles d'attribution applicables au régime. Le waterfall est une méthode d'analyse du passage d'une évaluation à une autre. Le waterfall mensuel proposé ici n'est donc pas, en lui-même, une prescription d'IAS 19 ; il constitue un cadre de rapprochement actuariel compatible avec les principes de valorisation retenus.

2. Notations mensuelles

2.1 Temps, âge et ancienneté

On conserve les notations d'âge et d'ancienneté des travaux antérieurs, mais le temps du waterfall est repéré par un indice mensuel.

Soient :

- T_0 : date de la première évaluation ;
- T_M : date de la seconde évaluation ;
- M : nombre de périodes mensuelles séparant T_0 et T_M ;
- $k = 0,1, \dots, M$: indice du mois, T_k étant la date obtenue après k mois ;
- a_k : ancienneté du salarié à T_k, exprimée en mois pleins ;
- a_R : ancienneté projetée au départ en retraite ;
- h_k : nombre de mois restant entre T_k et la date de paiement de l'IFC ;
- S_k : salaire de référence à T_k ;
- $D(a)$: droits correspondant à une ancienneté a.

Lorsque les tables de droits sont exprimées en années entières, les droits peuvent être interpolés selon la convention retenue par l'évaluation. La mensualisation ne doit pas introduire implicitement une nouvelle règle de droit : elle ne fait que rendre continue, à l'échelle du mois, la convention d'interpolation déjà choisie.

Si l'âge à l'embauche est noté x_0, m_0 et l'âge courant x, m, l'ancienneté mensuelle peut s'écrire :

$$a_k = a_0 + \mathrm{k} = 12(x - x_0) + m - m_0$$
$$a_R = 12(x_\mathrm{R} - x_0) + m_\mathrm{R} - m_0$$

2.2 Décréments mensuels

On note :

- $q_{x,m}$: probabilité de décès pendant à l'âge x, mois m ;
- $to_{x,m}$: probabilité de départ pour turn-over pendant le mois, conditionnellement à la survie au décès selon la convention retenue ;
- $l_{x,m}$: effectif présent au premier jour du mois.

Avec l'ordre décès puis turn-over[2] :

$$d_{x,m} = l_{x,m}\, q_{x,m},$$
$$ld_{x,m} = l_{x,m}(1 - q_{x,m})\, to_{x,m},$$
$$l_{x,m+1} = l_{x,m}(1 - q_{x,m})(1 - to_{x,m}).$$

La transformation d'un taux annuel en taux mensuel doit suivre la convention actuarielle d'équivalence constante à l'intérieur de l'année, telle que $1 - q_x = \prod_{m=1}^{12}(1 - q_{x,m})$.

2.3 Actualisation mensuelle

À la date d'ouverture T_0, on dispose d'une courbe de taux zéro-coupon[3] $i_{T_0}(t)$, où t représente la maturité exprimée en années. Pour un flux intervenant dans k mois, soit à la maturité $t = {}^{k}/_{12}$, le facteur d'actualisation est :

$$v_{T_0}(k) = \left(1 + i_{T_0}\left(\frac{k}{12}\right)\right)^{-k/12}$$

2.4 Croissance salariale

Si la croissance salariale est modélisée par un taux annuel effectif constant g, une écriture mensuelle équivalente est :

$$g_m = (1 + g)^{1/12} - 1.$$

[2] Ce qui impose de construire les taux de turn over sur les effectifs présents en début de période, « corrigés » des décès de la période.

[3] Un taux unique constant n'est qu'un cas particulier de courbe plate.

Toutefois, si l'hypothèse économique prévoit une augmentation à une date précise (par exemple au 1er janvier) il est préférable de conserver cette date exacte plutôt que de lisser l'augmentation sur douze mois. La mensualisation du waterfall ne doit pas effacer la nature réelle de l'hypothèse.

3. Valorisation mensuelle de l'IFC

3.1 Valeur actuelle des prestations futures

Sous les hypothèses d'ouverture, la valeur actuelle des prestations futures d'un salarié actif à T_k s'écrit :

$$VAPF_k^{(0)} = S_R^{(0)} \times D(a_R) \times p_{k,R}^{(0)} \times \frac{v_{T_0}(T_R)}{v_{T_0}(T_k)}$$

où $S_R^{(0)}$ est le salaire projeté au terme avec les hypothèses d'ouverture et $p_{k,R}^{(0)}$ la probabilité, conditionnelle à la présence à T_k, d'être encore présent au moment ouvrant droit à la prestation.

3.2 Coefficient d'attribution PUC-SP / PUC-IFRIC

On note a_d l'ancienneté, exprimée en mois, à laquelle le salarié atteint les droits maximaux qu'il pourra effectivement avoir au terme. Lorsque les droits continuent à croître jusqu'au départ, $a_d = a_R$. Lorsque les droits se stabilisent plus tôt, $a_d < a_R$.

Le début de la période d'attribution est alors situé à l'ancienneté :

$$b = a_R - a_d.$$

On définit le coefficient d'attribution :

$$\alpha_k = \min\left(1, \max\left(0, \frac{a_k - b}{a_d}\right)\right).$$

L'engagement PUC devient :

$$PUC_k^{(0)} = VAPF_k^{(0)}\, \alpha_k.$$

Cette écriture regroupe les deux cas :

- PUC-SP sans plateau : $a_d = a_R$, donc $b = 0$ et $\alpha_k = a_k / a_R$;
- PUC-IFRIC avec plateau : $b > 0$, l'engagement est nul avant l'entrée dans la période d'attribution, puis croît linéairement jusqu'à 1.

Elle gère également sans formule spéciale le mois où le salarié entre dans la période d'attribution et celui où il atteint la fin de cette période.

4. Coût des services rendus et coût financier au pas mensuel

4.1 Évolution théorique d'un mois sans prestation

On raisonne d'abord sur un mois au cours duquel aucune prestation n'est payable. Sous les hypothèses d'ouverture, pour la population probabilisée, le rapprochement démographique entre T_k et T_{k+1} est déjà contenu dans les probabilités de présence de la VAPF. Le passage d'un mois réduit en revanche la durée d'actualisation d'un mois.

L'engagement théorique de fin de mois est donc :

$$\widetilde{PUC}_{k+1}^{(0)} = PUC_{k+1}^{(0)} \times \frac{p_{k,R}^{(0)}}{p_{k+1,R}^{(0)}} = PUC_k^{(0)} \times \frac{\alpha_{k+1}}{\alpha_k} \times \frac{v_{T_0}(T_k)}{v_{T_0}(T_{k+1})}$$

On définit deux postes :

- le coût financier sur la période mesure le déroulement financier de l'engagement déjà constitué àT_k ;
- le CSR sur la période est le complément nécessaire pour passer de cet engagement déroulé à l'engagement théorique attribuable à T_{k+1}, sous les hypothèses de T_k.

On fixe le coût financier[4] du mois :

$$CF_{k\to k+1}^{(0)} = PUC_k^{(0)} \times \left[\frac{v_{T_0}(T_k)}{v_{T_0}(T_{k+1})} - 1\right]$$

Le CSR[5] mensuel est alors :

$$CSR_{k\to k+1}^{(0)} = \widetilde{PUC}_{k+1}^{(0)} - PUC_k^{(0)} - CF_k^{(0)}$$

En utilisant $PUC_k^{(0)} = VAPF_k^{(0)}\alpha_k$, on obtient :

$$CSR_{k\to k+1}^{(0)} = VAPF_k^{(0)} \frac{v_{T_0}(T_k)}{v_{T_0}(T_{k+1})}(\alpha_{k+1} - \alpha_k)$$

Le terme $\alpha_{k+1} - \alpha_k$ vaut $1/a_d$ pendant la période d'attribution, et zéro avant ou après celle-ci. Cette écriture mensuelle est donc particulièrement simple.

---

[4] Coût du temps sur la dette déjà constituée.

[5] Coût complet de la dette nouvelle née du service rendu. L'effet financier produit pendant la période sur les droits nouvellement attribués est donc inclus conventionnellement dans le CSR. Si on ne provisionne pas mensuellement, aucune raison d'attendre des produits financiers supplémentaires (à base constante). Ce qui veut dire que les produits financiers qui ne seront pas réalisés doivent être financés par l'entreprise dans le coût normal. L'effet de bord devient donc un effet normal du régime.

Le CSR aurait pu être calculé chaque mois sur la provision recalculée mensuellement, ce qui aurait permis une meilleure répartition entre coût financier et charge des droits nouvellement attribués. Cependant, en pratique, il serait fastidieux de recalculer pour l'ensemble d'une population les PUC de chaque mois.

4.2 Mois comportant une prestation

Lorsqu'une prestation est susceptible d'être versée entre T_k et T_{k+1}, les définitions du coût financier et du coût des services rendus restent inchangées. La prestation constitue un flux distinct venant diminuer l'engagement.

La formule générale doit intégrer les prestations $Prest_k^{(0)}$ attendues[6] au cours du mois. On écrit alors :

$$\widetilde{PUC}_{k+1}^{(0)} = PUC_k^{(0)} + CF_k^{(0)} + CSR_k^{(0)} - Prest_k^{(0)}$$

Cette identité doit être la formule de contrôle du modèle. Elle évite de créer un CSR négatif artificiel au mois du départ en retraite ou d'un autre paiement modélisé.

$$\widetilde{PUC}_{k+1}^{(0)} = PUC_k^{(0)} \times \frac{v_{T_0}(T_k)}{v_{T_0}(T_{k+1})} + VAPF_k^{(0)} \frac{v_{T_0}(T_k)}{v_{T_0}(T_{k+1})}(\alpha_{k+1} - \alpha_k) - Prest_k^{(0)} \times \frac{v_{T_0}(T_k)}{v_{T_0}(T_{k+1})}$$

Lorsque plusieurs causes de sortie donnent lieu à des prestations distinctes, $Prest_k^{(0)}$ est la somme des prestations attendues par cause. Le principe se généralise alors naturellement à des décréments concurrents.

5. Waterfall sur un intervalle quelconque de M mois

Le waterfall vise à expliquer le passage entre deux évaluations séparées par une durée quelconque de M mois. Cette durée peut être inférieure, égale ou supérieure à douze mois. Il n'est pas nécessaire d'annualiser les calculs ni de reconstituer des évaluations intermédiaires : les effets théoriques sont déterminés directement entre la date d'ouverture T_k et la date de clôture T_{k+M}.

Les hypothèses utilisées pour déterminer le coût financier, le coût des services rendus et les prestations attendues sont celles connues à la date d'ouverture.

5.1 Engagement théorique à la date de clôture

En l'absence de prestation au cours de la période, l'engagement théorique attendu à T_{k+M}, pour la population issue de celle présente à T_k, s'écrit :

$$\widetilde{PUC}_{k+\mathrm{M}}^{(0)} = PUC_{k+M}^{(0)} \times \frac{p_{k,R}^{(0)}}{p_{k+M,R}^{(0)}} = PUC_k^{(0)} + CF_k^{(0)} + CSR_k^{(0)}$$

Le coût financier sur la période mesure le déroulement financier de l'engagement déjà constitué à T_k. Il correspond donc au coût du passage du temps appliqué à la dette actuarielle existant à la date d'ouverture.

[6] Et donc incluant déjà la probabilité de versement $\frac{p_{k,R}^{(0)}}{p_{k+1,R}^{(0)}}$

$$CF_{k\to k+M}^{(0)} = PUC_k^{(0)} \times \left[\frac{v_{T_0}(T_k)}{v_{T_0}(T_{k+M})} - 1\right]$$

Le coût des services rendus mesure la dette nouvelle née des services rendus entre T_k et T_{k+M}. Cette écriture reste valable lorsque la période considérée commence avant la période d'attribution, la traverse ou se termine après celle-ci. Le terme $\alpha_{k+\mathrm{M}} - \alpha_k$ représente uniquement la fraction supplémentaire de droits attribuée pendant les M mois.

$$CSR_{k\to k+M}^{(0)} = VAPF_k^{(0)} \frac{v_{T_0}(T_k)}{v_{T_0}(T_{k+M})}(\alpha_{k+\mathrm{M}} - \alpha_k)$$

Le terme $\alpha_{k+\mathrm{M}} - \alpha_k$ représente uniquement la fraction supplémentaire de droits attribuée pendant les M mois.

5.2 Prise en compte des prestations intervenant pendant les M mois

Lorsque des prestations sont susceptibles d'être versées entre T_k et T_{k+M}, elles constituent un flux distinct venant diminuer l'engagement. Le coût financier et le coût des services rendus conservent les mêmes définitions. Il convient simplement de retrancher les prestations attendues pendant la période.

On note $PREST_{k\to k+M}^{(0)}$ la valeur, à T_{k+M}, de l'ensemble des prestations attendues entre les deux dates, en intégrant la probabilité, déterminée avec les hypothèses d'ouverture, que la prestation soit effectivement versée.

$$PREST_{k\to k+M}^{(0)} = \sum_{j=k}^{k+M-1} Prest_j^{(0)} \times \frac{v_{T_0}(T_k)}{v_{T_0}(T_{k+M})}$$

5.3 Formule générale du mouvement théorique sur M mois

La formule générale, valable qu'il existe ou non des prestations pendant la période, devient :

$$\widetilde{PUC}_{k+\mathrm{M}}^{(0)} = PUC_k^{(0)} + CF_{k\to k+M}^{(0)} + CSR_{k\to k+M}^{(0)} - PREST_{k\to k+M}^{(0)}$$

Cette formule constitue l'équation centrale du waterfall. Elle sépare quatre phénomènes :

Engagement initial + coût du temps + dette nouvelle liée au service – dette éteinte par prestation

Le coût financier porte uniquement sur l'engagement constitué à T_k. Le CSR représente le coût complet des droits nouvellement attribués entre T_k et T_{k+M}. Les produits financiers qui auraient pu être générés par une constitution progressive de cette nouvelle provision ne sont donc pas incorporés au coût financier : ils restent économiquement intégrés au coût des services rendus sur la période.

5.4 Passage de l'engagement théorique à l'engagement réellement constaté

À T_{k+M}, une nouvelle évaluation est réalisée à partir de la population, des données et des hypothèses alors disponibles. On note l'engagement issu de cette nouvelle évaluation.

$$PUC_{k+M}^{(1)}$$

Le waterfall consiste d'abord à construire l'engagement théorique qui aurait dû être constaté si les hypothèses retenues à T_k s'étaient réalisées. L'écart entre cet engagement théorique et l'engagement effectivement évalué à T_{k+M} doit ensuite être expliqué par les différents événements survenus au cours de la période :

$$PUC_{k+M}^{(1)} - \widetilde{PUC}_{k+\mathrm{M}}^{(0)}$$

Ces écarts peuvent notamment provenir :

- des prestations réellement versées différentes des prestations attendues ;
- des sorties réellement observées différentes des sorties probabilisées ;
- de l'évolution réelle des salaires ;
- des recrutements et autres mouvements de population ;
- des modifications de données individuelles ;
- des modifications du régime ou du barème de prestations ;
- des changements d'hypothèses démographiques ;
- des changements d'hypothèses économiques ;
- du changement de la courbe d'actualisation.

Pour les prestations, si $PREST_{k\to k+M}^{réel}$ désigne leur valeur capitalisée à T_{k+M}, l'écart correspondant peut être écrit :

$$EcartPrest = PREST_{k\to k+M}^{(0)} - PREST_{k\to k+M}^{réel}$$

de telle sorte qu'une prestation réelle supérieure à celle attendue constitue un effet négatif sur le rapprochement.

5.5 Écriture générale du waterfall

En regroupant les différents effets observés entre les deux évaluations :

$$PUC_{k+M}^{(1)} = PUC_k^{(0)} + CF_{k\to k+M}^{(0)} + CSR_{k\to k+M}^{(0)} - PREST_{k\to k+M}^{(0)} + EcartPrest + EcartExp + EcartHyp + EcartPérimètre + Résiduel$$

où :

- $EcartExp$ regroupe les écarts d'expérience, notamment démographiques et salariaux ;
- $EcartHyp$ regroupe les effets des changements d'hypothèses ;

- $EcartPérimètre$ regroupe les entrées, modifications de droits ou corrections qui ne correspondent pas à l'expérience de la population d'ouverture ;
- $Résiduel$ constitue un indicateur de contrôle.

Le résiduel ne doit pas être forcé artificiellement à zéro. Il permet au contraire d'identifier une insuffisance de décomposition, une incohérence de données ou un effet non encore isolé.

5.6 Cas des intervalles inférieurs ou supérieurs à douze mois

Les mêmes formules s'appliquent quelle que soit la durée M. Pour une période inférieure à douze mois, par exemple entre une évaluation au 31 décembre et une nouvelle évaluation au 30 juin, on retient directement $M = 6$. Aucun CSR annuel n'est calculé puis proratisé.

Pour une période de douze mois, $M = 12$, on retrouve le waterfall annuel usuel. Cette approche ne nécessite donc aucune évaluation actuarielle intermédiaire fictive.

Il convient toutefois de distinguer cette analyse directe d'un enchaînement de waterfalls annuels. Dans un waterfall direct sur plusieurs années, le coût financier est déterminé à partir de l'engagement effectivement constitué à la date initiale. Le CSR représente alors le coût complet des services rendus pendant toute la période.

Si des évaluations intermédiaires ont réellement été réalisées et comptabilisées, leur enchaînement peut conduire à une ventilation différente entre coût financier et CSR, puisque les CSR reconnus lors des clôtures intermédiaires deviennent ensuite eux-mêmes une dette constituée. Cette différence de ventilation ne remet pas en cause le rapprochement global entre l'engagement initial et l'engagement final.

La convention retenue doit donc correspondre à l'objet du waterfall : expliquer directement le passage entre deux évaluations effectivement réalisées, sans créer artificiellement d'évaluations intermédiaires.

6. Construction d'un waterfall opérationnel propre

Le waterfall doit séparer l'évolution attendue sous les hypothèses d'ouverture et la réévaluation liée à l'expérience, aux données et aux nouvelles hypothèses.

Une présentation complète peut suivre l'ordre ci-dessous.

Étape	Composante	Base de calcul
1	Engagement d'ouverture	Évaluation validée à T_0
2	Coût financier	Hypothèses financières d'ouverture
3	CSR	Hypothèses et règles d'attribution d'ouverture
4	Prestations attendues	Prestations projetées par le modèle d'ouverture
5	Écart sur prestations / sorties	Différence entre événements observés et projetés
6	Expérience salariale	Salaires réels vs salaires projetés
7	Entrées / transferts de population	Nouveaux salariés ou changements de périmètre
8	Modifications du régime	Barème, âge de départ, assiette, règles juridiques

Étape	Composante	Base de calcul
9	Changement des hypothèses démographiques	Mortalité, turn-over, autres décréments
10	Changement de croissance salariale	Hypothèse économique de salaire
11	Changement du taux / de la courbe d'actualisation	Réévaluation financière à la clôture
12	Corrections de données / modèle	Rectifications identifiées et tracées
13	Résidu	Écart non expliqué
14	Engagement de clôture	Évaluation validée à T_M

L'ordre exact des réévaluations doit être figé dans le calcul, car certains effets ne sont pas commutatifs. Une fois l'ordre retenu, chaque ligne doit être calculée comme la différence entre deux évaluations successives ne différant que par un seul bloc d'information.

Le résidu s'écrit :

$$Residuel = PUC_M^{reel} - PUC_M^{explique}.$$

Il ne doit jamais être ramené artificiellement à zéro. Un résidu matériel indique soit un effet non modélisé, soit un problème de données, soit une incohérence dans les conventions de dates, de cash-flows ou d'hypothèses.

Conclusion

Le problème des périodes non annuelles disparaît dès lors que le temps est traité correctement. Le waterfall n'a pas besoin d'une formule pour six mois, d'une autre pour douze mois et d'une troisième pour quatre ans. Il a besoin d'un pas élémentaire mensuel, de conventions cohérentes et d'une séparation claire entre projection attendue et réévaluation.

La formule structurante est :

$$\widetilde{PUC}_M^{(0)} = PUC_0^{(0)} + CF_{0\to M}^{(0)} + CSR_{0\to M}^{(0)} - Prest_{0\to M}^{(0)}.$$

Puis on déroule les hypothèses d'ouverture sur toute la période et l'on mesure à la clôture l'expérience et les changements d'hypothèses.

Le principal point de vigilance porte sur la ventilation entre coût financier et CSR. La différence de timing doit être identifiée comme telle et ne jamais alimenter artificiellement l'écart actuariel.

Enfin, le waterfall n'a pas vocation à être ramené mécaniquement à zéro. Son résidu est un contrôle : lorsqu'il subsiste, il faut l'expliquer.

Sources

1. Éric MANIABLE, Raïssa SANTSA FOTIA, Réflexion sur le montant à financer pour les Indemnités de Fin de Carrière, et autres droits afférents, 2019.

2. Éric MANIABLE, Les normes internationales modifiées pour les provisions d'Indemnité de Fin de carrière (IFC).
3. IFRS Foundation, Attributing Benefit to Periods of Service (IAS 19 Employee Benefits), décision d'agenda finalisée en 2021.
4. IAS 19 *Employee Benefits*, notamment paragraphes 70 à 74 relatifs à l'attribution du bénéfice aux périodes de service.