

# Description technique du modèle standard SST pour le risque de marché

Modèle standard assurances

31 octobre 2023

# Tables des matières

<b>1</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Description théorique du modèle SST .....</b>	<b>4</b>
2.1	Exposé de la situation .....	4
2.2	Capital cible et risque de marché.....	5
2.3	<i>RBC</i> dans des hypothèses <i>going concern</i> et <i>run-off</i> .....	6
2.4	Fonction d'évaluation, générateur de risque et <i>hypothèse de stationnarité</i> .....	7
2.5	Récapitulatif.....	9
<b>3</b>	<b>Fonctions d'évaluation et méthode delta dans le modèle standard SST pour le risque de marché .....</b>	<b>10</b>
3.1	Principe .....	10
3.2	Fonctions d'évaluation exactes .....	11
3.2.1	Fonction d'évaluation pour les actifs dont les prix dépendent directement du marché.....	11
3.2.2	Placements à revenu fixe et engagements d'assurance.....	12
3.2.3	<i>Forwards</i> .....	14
3.3	Méthode delta.....	16
3.3.1	Risques de marché.....	17
3.3.2	Parenthèse : risques actuariels .....	17
3.3.3	Sensibilités pour les risques de marché.....	18
3.4	Récapitulatif.....	19
<b>4</b>	<b>Centrage et résultat attendu .....</b>	<b>20</b>
4.1	Centrage.....	20
4.2	Résultat financier attendu .....	20
<b>5</b>	<b>Générateurs de risque de marché, règles de <i>mapping</i>, méthode d'évaluation et base de données .....</b>	<b>22</b>
5.1	Générateurs de risque de marché .....	22

5.2	Utilisation des générateurs de risque de marché dans le cas de fonctions d'évaluation exactes .....	24
5.3	Positions à considérer par les générateurs de risque de marché et règles de <i>mapping</i> dans le cas de fonctions d'évaluation exactes .....	27
5.4	Signification des générateurs de risque de marché et détermination des sensibilités dans la méthode delta .....	31
5.5	Positions à considérer et règles de <i>mapping dans la méthode delta</i> .....	35
5.6	Estimation des volatilités et de la matrice de corrélation .....	37
5.6.1	Méthodologie .....	37
5.6.2	Changement de la monnaie du SST .....	40
5.7	Description de la base de données .....	42
<b>6</b>	<b>Remarques concernant le fichier <i>SST-Template.xlsx</i> .....</b>	<b>46</b>
6.1	Informations dans le fichier <i>SST-Template.xlsx</i> .....	46
6.2	Ajustements du fichier <i>SST-Template.xlsx</i> pour la prise en compte des facteurs de risque supplémentaires .....	47
6.3	Scénarios macroéconomiques et scénarios mixtes .....	48
<b>7</b>	<b>Liste des modifications apportées à ce document .....</b>	<b>49</b>

## 1 Introduction

Le présent document définit le modèle standard SST pour le risque de marché dans le sens de l'art. 45 de l'ordonnance sur la surveillance (OS ; RS 961.011 ; version du 1<sup>er</sup> janvier 2024) et s'adresse aux entreprises d'assurance soumises au SST qui utilisent ce modèle standard SST.

Outre la description du modèle standard SST, ce document contient des informations sur l'utilisation du fichier *SST-Template.xlsx*.

Les descriptions, notamment en ce qui concerne la délimitation par rapport aux engagements actuariels, s'appliquent en principe aux assurances vie et maladie. Concernant les méthodes divergentes dans d'autres branches, nous renvoyons aux descriptions techniques des modèles standard SST assurance vie, maladie, dommages et réassurance (documents de branche).

Pour des raisons de clarté, nous nous limitons pour l'essentiel au cas où le franc suisse a été choisi comme monnaie SST et traitons les changements de monnaie dans le chapitre spécial 5.6.2.

## 2 Description théorique du modèle SST

### 2.1 Exposé de la situation

La description technique se fonde sur le bilan SST à la date de référence et la détermination du capital porteur de risque (*Risk Bearing Capital*, RBC) selon l'art. 32 OS. Toutes les valeurs ont été actualisées avec le taux sans risque dans les explications ci-après.

Nous dénotons par  $A_t$  et  $L_t$  les actifs et le capital étranger<sup>1</sup> à la date  $t$ <sup>2</sup>. Nous subdivisons le capital étranger en engagements d'assurance  $IL_t$  et autres engagements  $OL_t$ . Nous notons  $V(A_t)$ ,  $V(L_t)$ ,  $V(IL_t)$  et  $V(OL_t)$  la valeur conforme au marché des actifs, du capital étranger, des engagements d'assurance et des autres engagements à la date  $t$ .

En outre les suivantes relations s'appliquent :

- $V(L_t) = V(IL_t) + V(OL_t)$
- $V(IL_t) = BE_t + MVM_t$ , avec  $BE_t$  la valeur *best estimate* des engagements d'assurance et  $MVM_t$  le montant minimum selon l'art. 30 al. 4 OS.

Pour le capital porteur de risque RBC, nous considérons pour simplifier (c.-à-d. sans tenir compte ni des déductions visées à l'art. 32 al. 4 OS, ni des instruments de capital amortisseurs de risque de Tier 1 qui, conformément à l'art. 34 al. 5 OS, peuvent être imputés au capital de base, ni du capital complémentaire selon l'art. 32 al. 5 OS) que

---

<sup>1</sup> Il s'agit de l'unité, des contrats, des objets, etc. et non de leur valeur, ou *best estimate*, qui n'est déterminée qu'à l'aide d'une méthode d'évaluation, ce que l'on visualise dans la Figure 1 et la Figure 2 à travers le niveau des barres.

<sup>2</sup> Le symbole  $t$  désigne la date de référence si  $t = 0$ , ou alternativement une date future, dans le SST, généralement  $t = 1$ .

$$RBC_t = V(A_t) - V(L_t).$$

Avec la désignation  $NAV_t = V(A_t) - V(L_t)$ , il s'ensuit que

$$RBC_t = NAV_t,$$

où  $NAV_t$  représente les actifs nets SST selon l'art. 32 al. 3 OS (*net asset value*). Graphiquement, ces valeurs peuvent être représentées comme suit :

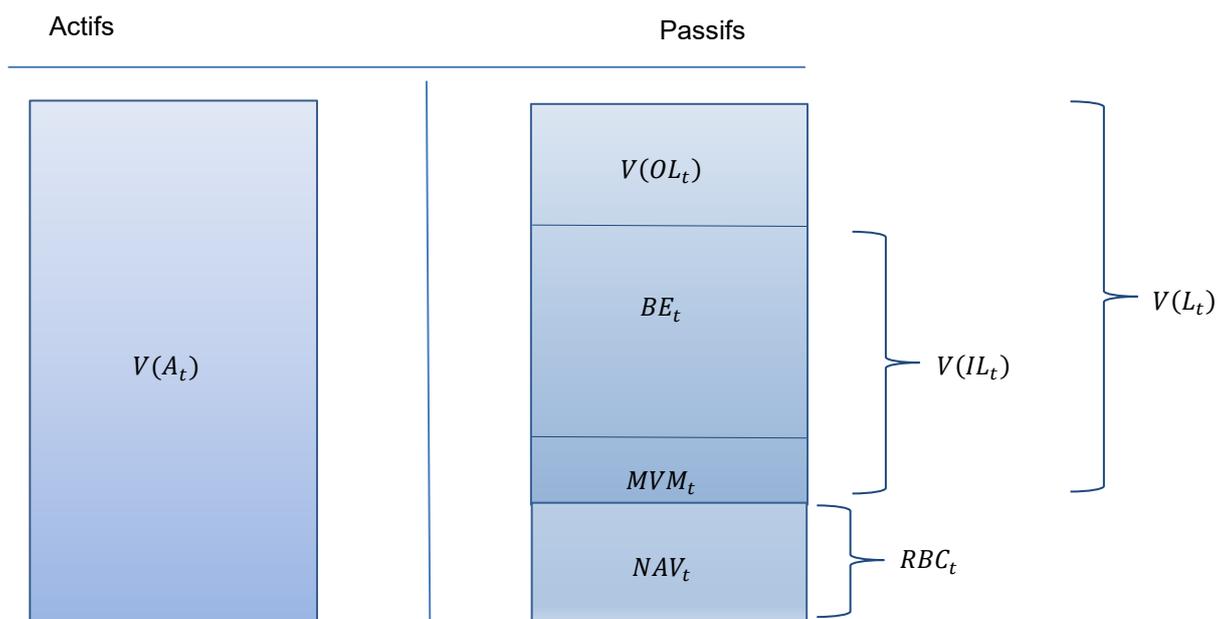


Figure 1 Représentation graphique du  $RBC$ .

## 2.2 Capital cible et risque de marché

Le capital cible, *Target Capital* (TC), se calcule par

$$TC = -ES_\alpha(\Delta RBC),$$

où :

- $ES_\alpha = \text{expected shortfall}$  pour une probabilité de survenance de  $\alpha = 1\%$  (art. 36 et annexe 3 OS), où  $1 - \alpha = 99\%$  correspond au niveau de protection décrit à l'art. 9b LSA et à l'art. 22 OS ;
- $\Delta RBC = RBC_1 - RBC_0$  pour la variation sur une période d'un an du capital porteur de risque.

Pour le calcul du capital cible  $TC$ , nous renvoyons aux simplifications décrites au chapitre 3 de la Description technique du modèle standard SST pour l'agrégation et le montant minimum du 31 oc-

tobre 2023. Concernant le capital cible, ces simplifications sont prioritairement à utiliser pour modéliser la variation sur une période d'un an du capital porteur de risque sans montant minimum. Dans ce qui suit, cette simplification est retenue de manière générale ; dans le capital porteur de risque en particulier, la valeur des engagements d'assurance sera remplacée par leur valeur estimative la meilleure possible.

Le risque de marché se définit comme le risque d'une modification du *RBC* qui résulte des modifications des variables du risque de marché. Comme dans le cas du *TC*, le risque est alors défini comme le négatif de l'*expected shortfall* de cette variation du *RBC*. Les variables du risque de marché sont qualifiées de générateurs ou de facteurs du risque de marché (cf. chapitre 2.4).

Dans les explications suivantes de ce chapitre, nous nous focalisons sur les modifications du capital porteur de risque, qui résultent de variations des facteurs de risque de marché et d'assurance. Nous faisons ici abstraction des aspects relatifs au risque de crédit, celui-ci n'étant pas explicitement pris en considération dans la notation afin d'accroître la lisibilité. Des dispositions relatives à la détermination du risque de crédit dans le modèle standard SST figurent dans la documentation technique sur le modèle standard SST pour le risque de crédit.

La détermination du risque de marché dans le modèle standard SST est centrée. Les effets relatifs aux rendements attendus en sus de la rémunération sans risque et à l'escompte sont pris en compte de manière simplifiée comme dans le chapitre 4.2. Pour cette raison, nous renonçons à la désignation des effets d'escompte dans la notation.

### 2.3 *RBC* dans des hypothèses *going concern* et *run-off*

Le SST (Cm 4 de la Circ.-FINMA 17/03 « SST ») distingue entre le *RBC* calculé selon les hypothèses *going concern* et *run-off*. Dans l'hypothèse *going concern* (principe de la continuité), on suppose que l'entreprise d'assurance poursuit son activité conformément à sa propre planification des affaires. Dans l'hypothèse *run-off*, en revanche, une entreprise d'assurance ne souscrit plus de nouvelles affaires et gère uniquement son portefeuille.

Le schéma suivant présente la procédure générale selon le Cm 4 de la Circ.-FINMA 17/03 « SST » pour le calcul du risque de marché en tant que composante du capital cible.



Dans un premier temps, nous introduisons la terminologie suivante :

- (1) Générateur de risque ( $RT$ ) : variables du marché financier, par ex. taux d'intérêts, *spreads*, actions, taux de change, volatilités, etc. et variables du risque d'assurance. Ces générateurs de risque sont calibrés en relation avec des indicateurs ou séries temporelles.
- (2) Facteur de risque ( $RF$ ) : valeur obtenue au moyen d'une transformation fonctionnelle des  $RT$ . Dans le modèle standard SST, cette valeur est obtenue soit par une transformation logarithmique avec translation (*shift*) de générateurs de risque (par ex. indices des marchés des actions, indices immobiliers, taux de change, indices de volatilité), soit par l'utilisation de la fonction identité ( $f(x) = x$ , c.-à-d. aucune transformation) pour les taux d'intérêt et les *spreads*. Pour le risque d'assurance, il n'y a pas de différence entre les facteurs de risque et les générateurs de risque.
- (3) Incréments ( $\Delta RF$ ) du facteur de risque  $RF$  définis par la différence des valeurs du facteur de risque entre  $t = 1$  et  $t = 0$  :  $\Delta RF = RF_1 - RF_0$ .

Dans les modèles standard SST pour le risque de marché, vie et d'assurance-maladie, nous supposons que le vecteur  $\Delta RF$  est distribué selon une loi normale centrée. Pour la modélisation différente dans le domaine de l'assurance dommages, nous renvoyons aux descriptions techniques correspondantes.

Nous supposons à présent l'existence de fonctions d'évaluation<sup>3</sup> pour le capital porteur de risque dans des hypothèses de *run-off* à la date  $t \in \{0,1\}$  de la forme<sup>4</sup>

$$RBC_t^r = f_A(A_t, RT_t, t) - f_{IL}^r(A_t, IL_t, RT_t, t) - f_{OL}^r(OL_t, RT_t, t).$$

Notons que la fonction d'évaluation pour les engagements d'assurance  $f_{IL}^r(\cdot)$  peut aussi dépendre des actifs.

Nous introduisons à présent l'*hypothèse de stationnarité* : l'évaluation pour le capital porteur de risque à la date  $t = 1$  résulte par simplification approximativement de la fonction d'évaluation appliquée au portefeuille des actifs et des engagements à la date  $t = 0$

$$\begin{aligned} RBC_1^r &= f_A(A_1, RT_1, 1) - f_{IL}^r(A_1, IL_1, RT_1, 1) - f_{OL}^r(OL_1, RT_1, 1) \\ &\approx f_A(A_0, RT_1, 1) - f_{IL}^r(\tilde{A}_0, IL_0, RT_1, 1) - f_{OL}^r(OL_0, RT_1, 1) \\ &=: f^r(RT_1, 1). \end{aligned}$$

Des explications ci-dessus, on déduit que  $RBC_0^r = f^r(RT_0, 0)$ .

Graphiquement, la procédure décrite peut être représentée comme suit.

<sup>3</sup> dépendent du portefeuille et des facteurs de risque précisément à la date d'évaluation  $t$ .

<sup>4</sup> en raison des simplifications évoquées au chapitre 2.2 concernant la valeur estimative la meilleure possible pour les engagements d'assurance.

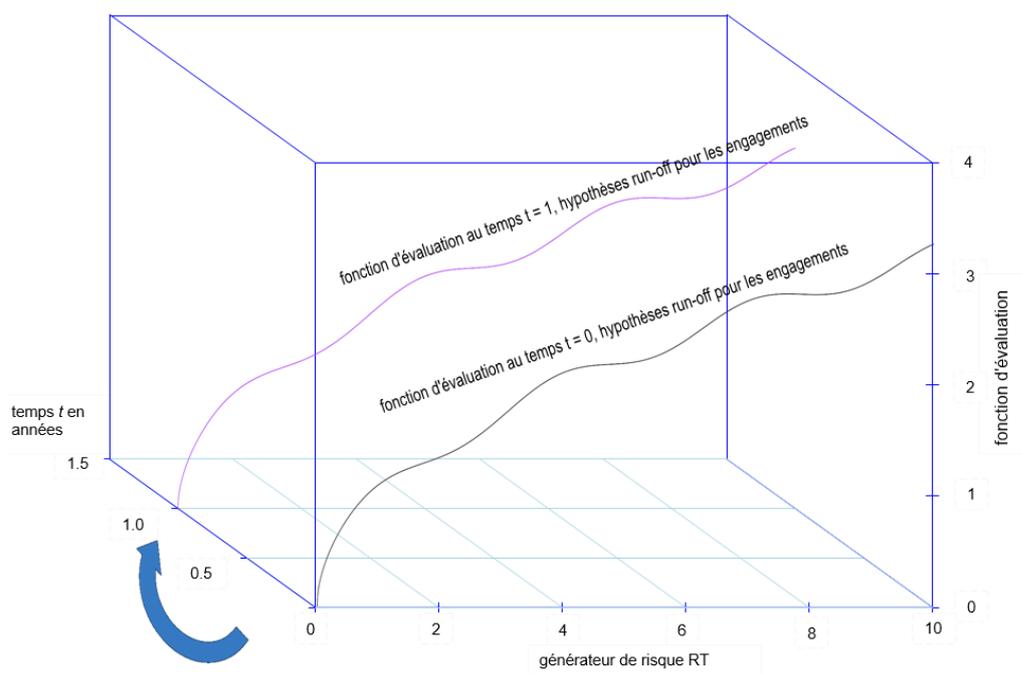


Figure 3 Approximation de la fonction d'évaluation au temps  $t = 1$  par celle au temps  $t = 0$

Cette représentation constitue une aide pour déterminer l'approximation de la fonction d'évaluation des engagements d'assurance à la date  $t = 1$ . Pour l'évaluation en  $t = 1$ , on suppose pour les engagements d'assurance que l'entreprise d'assurance est mise en *run-off* à la date  $t = 0$ , ce que nous exprimons dans la notation par l'utilisation de  $\tilde{A}_0$  au lieu de  $A_0$ . Nous utilisons ensuite la fonction d'évaluation qui en résulte, appliquée aux facteurs de risque à la date  $t = 1$ . Cette hypothèse est qualifiée d'*hypothèse de stationnarité* : l'évaluation des engagements d'assurance en  $t = 1$  sous les hypothèses de *run-off* est approximée par la fonction d'évaluation sous *run-off* à la date  $t = 0$  appliquée aux facteurs de risque en  $t = 1$ .

Pour les explications techniques ci-après, nous rappelons que l'exposant *run-off* dans  $f^r$  se rapporte uniquement à la fonction d'évaluation des engagements. Les actifs sont considérés pour leur évaluation avant le *run-off*.

## 2.5 Récapitulatif

La valeur centrale pour la détermination du capital cible est la variation du capital porteur de risque, définie conformément au chapitre 2.3, en tant que  $RBC_1^r - RBC_0^g$  (selon les simplifications généralement admises, cf. le chapitre 2.2). Compte tenu des explications ci-dessus, nous obtenons pour cette valeur

$$RBC_1^r - RBC_0^g \approx f^r(RT_1, 1) - RBC_0^g = f^r(RT_1, 1) - f^r(RT_0, 0) + (RBC_0^r - RBC_0^g),$$

où  $RBC_0^r$  représente une valeur d'aide au calcul pour la détermination de  $RBC_1^r$ . Le capital porteur de risque à la date  $t = 0$ , qui est pris en compte dans les calculs du SST, doit être calculé selon les hypothèses *going concern*  $RBC_0^g = f^g(RT_0, 0)$  et non *run-off* (cf. Cm 34 de la Circ.-FINMA 17/3 « SST »).

Pour simplifier, nous considérons ainsi le capital porteur de risque  $RBC_1^r$  dans des hypothèses *run-off* comme une fonction  $f^r$ , dont la seule dépendance provient du vecteur du générateur de risque  $RT_t$ . Les générateurs de risque peuvent à leur tour être subdivisés en générateurs de risque de marché  $RT_t^M$  et générateurs de risque d'assurance  $RT_t^I$ . Les générateurs de risque de marché  $RT_t^M$  peuvent également être subdivisés en générateurs de risque, qui sont également des facteurs de risque,  $T_{t,i}^M = RF_{t,i}^M$  ( $i = 1, \dots, n_1$ ), et en ce qui qui sont obtenus par transformation logarithmique avec translation des générateurs de risque ( $i = n_1 + 1, \dots, n_2$ ). Nous considérons par ailleurs, que  $T_{t,i}^I = RF_{t,i}^I$  ( $i = n_2 + 1, \dots, n$ ) s'applique pour les générateurs de risque d'assurance. Avec  $n$  facteurs de risque, le vecteur des générateurs de risque peut donc être exprimé comme suit

$$RT_t = (RT_t^M, RT_t^I) = (RF_{t,1}^M, \dots, RF_{t,n_1}^M, RT_{t,n_1+1}^M, \dots, RT_{t,n_2}^M, RF_{t,n_2+1}^I, \dots, RF_{t,n}^I).$$

Les fonctions d'évaluation sont concrétisées dans le chapitre 3.

### 3 Fonctions d'évaluation et méthode delta dans le modèle standard SST pour le risque de marché

#### 3.1 Principe

L'idée fondamentale du modèle standard SST pour le risque de marché consiste à évaluer de manière exacte (c.-à-d. sans approximation de la fonction d'évaluation) les principales positions du bilan de la plupart des entreprises d'assurance également à  $t = 1$  et à ne modéliser que les positions du bilan restantes avec une méthode delta (c.-à-d. de les modéliser avec une approximation linéaire de la fonction d'évaluation). Dans ce sens, le modèle standard SST pour le risque de marché peut être considéré comme une amélioration de la méthode delta centrée (qui était utilisée comme modèle standard SST de risque de marché simplifié jusqu'au SST 2018).

Nous décrivons tout d'abord les fonctions d'évaluation (exactes) pour les actifs dont les prix dépendent directement du marché (actions, biens immobiliers, etc.). Suivent les fonctions d'évaluation pour les placements à revenu fixe qui peuvent être représentées comme valeur actuelle des flux de trésorerie nominaux déterministes (*fixed income assets*) et pour les composantes des engagements d'assurance qui peuvent être évaluées comme valeurs actuelles des flux de trésorerie nominaux déterministes (ou des valeurs équivalent certain). Pour finir, nous décrivons les fonctions d'évaluation exactes des *forwards*. Ces fonctions d'évaluation sont respectivement représentées comme une fonction concrète des générateurs de risque / facteurs de risque respectifs.

Nous appliquons à toutes les positions restantes du bilan la méthode delta, qui est expliquée au chapitre 3.3.

Le tableau suivant donne un aperçu des principales positions qui sont modélisées dans le modèle standard SST pour le risque de marché via la fonction d'évaluation exacte ou via la méthode delta. D'autres indications figurent dans les chapitres 5.3 et 5.5.

Fonction d'évaluation exacte	Méthode delta
Obligations	Obligations convertibles
Hypothèques à taux fixe	<i>Floating Rate Notes</i>
Crédits à revenu fixe et prêts d'une durée déterminée	Swaps ( <i>swaps</i> de taux, <i>FX-swaps</i> )
Actions	Garanties du taux d'intérêt
Biens immobiliers	<i>Caps/floors</i>
Fonds immobiliers	Options (intégrées) sur les positions sensibles aux taux d'intérêt
<i>Hedge funds</i>	Swaptions
<i>Private equity</i>	Options sur actions
<i>Forwards</i>	Options FX
Participations (immatérielles)	Autres engagements
Engagements d'assurance, TVOG non compris	

Tableau 1 : Aperçu de l'évaluation exacte ou de l'approche delta

Pour la déterminer de la fonction d'évaluation, nous introduisons le modèle suivant :

*Formule 1* pour la date  $t \in \{0,1\}$ ,

$$f^r(\cdot) \approx f^{Price,A}(\cdot) + f^{fix,A}(\cdot) + f^{Forwards,A}(\cdot) - f_{IL}^{r,M}(\cdot) + \Delta(\cdot)$$

ce qui signifie que la fonction d'évaluation  $f^r(\cdot)$  du *RBC* dans des hypothèses *run-off* peut être approximée, pour simplifier, par le total des fonctions d'évaluation pour les actifs dont les prix dépendent directement du marché,  $f^{Price,A}(\cdot)$ , pour les *fixed-income-assets* (placements à revenu fixe),  $f^{fix,A}(\cdot)$  et pour les *forwards*  $f^{Forwards,A}(\cdot)$  moins la fonction d'évaluation pour les engagements d'assurance,  $f_{IL}^{r,M}(\cdot)$ , et plus un terme résiduel  $\Delta(\cdot)$ , qui est modélisé au moyen de la méthode delta.

## 3.2 Fonctions d'évaluation exactes

Nous introduisons progressivement les fonctions d'évaluation décrites ci-dessus.

### 3.2.1 Fonction d'évaluation pour les actifs dont les prix dépendent directement du marché

La fonction d'évaluation pour les actifs dont les prix dépendent directement du marché est

$$f^{Price,A}(RT_t^{Price}, RT_{t,FX}, t) = \sum_{i,FX_j} E_{0,i,j} \cdot \exp\left(\Delta RF_{t,FX_j} + \beta_i \Delta RF_{t,i} + C^{A,Price}(RF_i, FX_j, \beta_i) \cdot t\right)$$

où

- $E_{0,i,j} = \hat{E}_{0,i,j} \cdot RT_{0,FX_j}$  désigne la valeur de marché, ou conforme au marché, des actifs à la date  $t = 0$  en CHF et  $\hat{E}_{0,i,j}$  la valeur de marché, ou conforme au marché, correspondante dans la monnaie  $j$ .
- $\Delta RF_{t,i} = RF_{t,i} - RF_{0,i}$  et  $\Delta RF_{t,FX_j} = RF_{t,FX_j} - RF_{0,FX_j}$  représentent la variation du  $i$ -ème prix ou du  $j$ -ème facteur de risque de change. Inspirés par les modèles géométriques des modèles Browniens correspondants dans un modèle dynamique, nous posons  $RF_{0,i} = RF_{0,FX_j} = 0$  et intégrons les valeurs initiales des générateurs de risque dans  $E_{0,i}$ .<sup>5</sup>
- $(FX_j)_{j=1,\dots,5} = (CHF, EUR, USD, GBP, JPY)$  désigne la monnaie respectivement utilisée et  $RT_{t,FX_j}, j \in \{1, \dots, 5\}$  le générateur de risque de la monnaie correspondante à la date  $t \in \{0,1\}$ .  $RT_{0,FX_j}$  est le taux de change selon la prescription de la FINMA, cf. le fichier Excel *SST-Template.xlsx*, onglet *Market Initial Values*.
- $\beta_i$  est un facteur scalaire qui dépend de la catégorie d'actifs et qui, sauf cas exceptionnel explicitement indiqué, est de 100 %. Les cas exceptionnels sont
  - Immobilier résidentiel : le facteur de variation des prix pour l'immobilier résidentiel est obtenu par la mise à l'échelle de la volatilité du facteur de risque pour les fonds immobilier avec le facteur scalaire  $\beta = \sigma_{IAZI} / \sigma_{RudBlass}$ .
  - Participations immatérielles : celles-ci sont modélisées en appliquant un facteur scalaire ( $\beta = 25\%$ ) à une variable aléatoire suivant une loi normale standard et agrégées de manière comonotone. Dans ce cas, le facteur scalaire reflète ainsi la volatilité.
- $C^{A,Price}(RF_i, FX_j, \beta_i)$  est un terme de normalisation définit comme
 
$$C^{A,Price}(RF_i, FX_j, \beta_i) := -\frac{1}{2} \left( Var(\Delta RF_{1,FX_j}) + \beta_i^2 Var(\Delta RF_{1,i}) + 2\beta_i Cov(\Delta RF_{1,FX_j}, \Delta RF_{1,i}) \right).$$

### 3.2.2 Placements à revenu fixe et engagements d'assurance

La fonction d'évaluation  $f^{fix,A}$  pour les placements à revenu fixe est

$$f^{fix,A}(RT_t^{fix}, RT_{t,FX}, t) := \sum_{j,\tau,r} E_{\tau}^{A,r,j} \cdot \exp\left(\Delta RF_{t,FX_j} - \left(\Delta R_j(t, i_{\tau}) + \alpha_{j,r} \cdot \Delta S(t, j, r)\right) \cdot \tau + C^{A,fix}(r, \alpha_{j,r}, \tau, FX_j) \cdot t\right)$$

où en plus des notations déjà introduites ci-dessus

- $E_{\tau}^{A,r,j}$  est la « valeur conforme au marché en CHF à  $t = 0$  des flux de trésorerie *fixed-income*  $C F_{\tau}^{A,r,j}$  notés  $r$  dans la monnaie  $FX_j$  avec une durée résiduelle de  $\tau$  », autrement dit

$$E_{\tau}^{A,r,j} := C F_{\tau}^{A,r,j} \cdot RT_{0,FX_j} \cdot \exp\left(-\left(R_j(0, \tau) + S(0, r, j)\right) \cdot \tau\right)$$

<sup>5</sup> Nous approfondissons cet aspect au chapitre 3.3.3.

- $R_j(t, \tau)$  (où  $R_j(1, \tau) := R_j(0, \tau) + \Delta R_j(1, \tau)$ ) désigne le taux d'intérêt à capitalisation continue de la  $j$ -ème monnaie ( $j \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$ ) avec une durée résiduelle  $\tau \in \{1, \dots, 50\}$  à la date  $t \in \{0, 1\}$ .  $R_j(0, \tau)$  correspond à la courbe des taux selon la prescription de la FINMA (cf. fichier Excel *SST-Template.xlsx*, onglet *Market Risk Initial Values*).
- $\Delta R_j(t, \tau) := \tilde{R}_j(t, \tau) - \tilde{R}_j(0, \tau)$  est la variation du taux d'intérêt sur un an ; pour le JPY les variations des taux d'intérêt USD sont utilisées. Nous utilisons ici la notation  $\tilde{R}_j$  au lieu de  $R_j$ , car il est possible que les courbes de taux d'évaluation ne coïncident pas avec la courbe avec laquelle sont générées les fluctuations stochastiques.<sup>6</sup>
- $i_\tau$  désigne la projection suivante des durées résiduelles

$$\tau \mapsto i_\tau, \quad i_\tau := \begin{cases} 2 (=k) & \tau = 1, \dots, 5 \\ 10 (=m) & \tau = 6, \dots, 19 \\ 30 (=l) & \tau = 20, \dots, 50 \end{cases}$$

- $\alpha_{j,r}$  est un facteur dépendant de la notation et de la monnaie avec lequel la volatilité est mise à l'échelle. Des *spreads* US (mis à l'échelle) sont utilisés pour les notations AAA et BB, ainsi que spécifié dans le fichier Excel *SST-Template.xlsx*, onglet *Market Risk (Static)*.
- $S(t, j, r)$  (où  $S(1, j, r) := S(0, j, r) + \Delta S(1, j, r)$ ) désigne le *spread* du modèle dans la  $j$ -ème monnaie ( $j \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$ ) à la date  $t \in \{0, 1\}$ . Les *spreads* de modèle dépendent de la notation  $r \in \{GOVI, EUGO, CANT, CORP, AAA, AA, A, BBB, BB\}$  mais pas de la durée. *GOVI* désigne les emprunts d'État de pays ayant une politique monétaire indépendante, dont les taux d'intérêt sont pris en compte dans le modèle standard SST pour le risque de marché (Suisse, Royaume-Uni et États-Unis), des États souverains de la zone euro notés AAA et des hypothèques suisses, si le modèle standard SST pour le risque de crédit est utilisé. *EUGO, CANT, CORP* se réfèrent aux catégories d'actifs qui sont représentées par une série temporelle des *spreads*, conformément à la description aux chapitres 5.3 et 5.7.

Nous obtenons  $S(0, r, j)$  en résolvant l'équation

$$\tilde{E}(0, r, j) = \sum_{\tau} CF_{\tau}^{A,r,j} \cdot \exp\left(-\left(R_j(0, \tau) + S(0, r, j)\right)\tau\right)$$

où  $\tilde{E}(0, r, j)$  désigne la valeur conforme au marché de toutes les positions dans la monnaie  $j$ , associées à la notation  $r$ .  $\Delta S(t, j, r) = \tilde{S}(t, j, r) - \tilde{S}(0, j, r)$  correspond à la variation des *spreads*. Nous utilisons ici la notation  $\tilde{S}$  au lieu de  $S$ , car nous utilisons la variation selon le chapitre 5.6 ainsi que 5.7 pour les *spreads*.

- $C^{A,fix}(r, \alpha_{j,r}, r, \tau, FX_j)$  est un terme de normalisation défini comme

$$C^{A,fix}(r, \alpha_{j,r}, r, \tau, FX_j) := -\frac{1}{2} \left( \text{Var}(\Delta RF_{1,FX_j}) - 2\tau \left( \text{Cov}(\Delta RF_{1,FX_j}, \Delta R_j(1, i_\tau)) \right) + \alpha_{j,r} \text{Cov}(\Delta RF_{1,FX_j}, \Delta S(1, r, j)) \right) +$$

<sup>6</sup> Exemple : courbe d'évaluation dans le *RBC* : BNS combiné avec UFR, variation de la courbe pour le TC sur la base de la courbe BNS, etc.

$$\tau^2 \left( \text{Var} \left( \Delta R_j(1, i_\tau) \right) + \alpha_{j,r} \left( \alpha_{j,r} \text{Var}(\Delta S(1, r, j)) + 2\text{Cov} \left( \Delta R_j(1, i_\tau), \Delta S(1, r, j) \right) \right) \right)$$

La fonction d'évaluation pour les engagements d'assurance  $f_{IL}^{r,M}$  est définie par analogie

$$f_{IL}^{r,M}(A_0, IL_0, RT_t, t) := \sum_{j,\tau} E_\tau^{IL,j} \cdot \exp \left( \Delta RF_{t,FX_j} - \Delta R_j(t, i_\tau) \cdot \tau + C^{IL}(\tau, FX_j) \cdot t \right)$$

où

- $E_\tau^{IL,j}$  est la valeur conforme au marché en CHF dans  $t = 0$  des flux de trésorerie des engagements d'assurance équivalent certain  $CF_\tau^{IL,j}$  dans la monnaie  $FX_j$  avec une durée résiduelle de  $\tau$ , autrement dit

$$E_\tau^{IL,j} := CF_\tau^{IL,j} \cdot RT_{0,FX_j} \cdot \exp(-R_j(0, \tau) \cdot \tau).$$

Le calcul du capital cible doit se baser sur les flux de trésorerie *best estimate* obtenus selon les descriptions techniques afférentes aux différentes branches. La variation du *best estimate* des engagements d'assurance provenant de la variation de facteurs de risque actuariels ou de la variation du TVOG (si matérielle) ainsi que des variations des rentes LAA et des prestations à long terme en fonction des taux d'intérêt sont prises en compte par la méthode delta expliquée au chapitre 3.3.

Conformément aux simplifications décrites au chapitre 2.2, la variation du montant minimum n'est pas prise en compte ici.

- $C^{IL}(\tau, FX_j)$  est un facteur scalaire défini comme

$$C^{IL}(\tau, FX_j) := -\frac{1}{2} \left( \text{Var} \left( \Delta RF_{1,FX_j} \right) + \tau^2 \text{Var} \left( \Delta R_j(1, i_\tau) \right) - 2\tau \text{Cov} \left( \Delta RF_{1,FX_j}, \Delta R_j(1, i_\tau) \right) \right)$$

### 3.2.3 Forwards

La fonction d'évaluation des *forwards*  $f^{Forwards,A}$  pour les *forwards* qui ne sont pas pris en compte par la méthode delta peut se noter comme la somme de deux fonctions d'évaluation : celles des *FX-Forwards*  $f^{Forw,FX}$  et celle des *Index-Forwards*  $f^{Forw,index}$ . Ces deux fonctions d'évaluation représentent respectivement les sommes des *Long-* et *Short-Forwards* du type de *forward* correspondant (FX, Index). Nous introduisons les fonctions précitées comme suit

$$f^{Forwards,A}(RT_t^{fix}, RT_t^{Price}, RT_{t,FX}, t) := f^{Forw,FX}(RT_t^{fix}, RT_{t,FX}, t) + f^{Forw,index}(RT_t^{fix}, RT_t^{Price}, RT_{t,FX}, t)$$

$$f^{Forw,FX}(RT_t^{fix}, RT_{t,FX}, t) := \sum_{\tau,j} \begin{pmatrix} (\pm 1) \cdot E_{\tau}^{N,j} \cdot \exp(\Delta RF_{t,FX_j} - \Delta R_j(t, i_{\tau}) \cdot \tau + C^{A,FXF}(\tau, FX_j) \cdot t) \\ -(\pm 1) \cdot E_{\tau}^{N,F} \exp(-\Delta R_1(t, i_{\tau}) \cdot \tau + C^{A,FXF}(\tau, FX_1) \cdot t) \end{pmatrix}$$

avec

$$E_{\tau}^{N,j} := N_{\tau}^j \cdot RT_{0,FX_j} \cdot \exp(-R_j(0, \tau) \cdot \tau)$$

et

$$E_{\tau}^{N,F} := \tilde{F}_{\tau} \cdot N_{\tau}^j \cdot \exp(-R_1(0, \tau)\tau),$$

$$f^{Forw,index}(RT_t^{fix}, RT_t^{Price}, RT_{t,FX}, t) := \sum_{i,j} \begin{pmatrix} (\pm 1) \cdot E_{0,i,j} \cdot \exp(\Delta RF_{t,FX_j} + \beta_i \Delta RF_{t,i} + C^{A,Price}(RF_i, FX_j, \beta_i) \cdot t) \\ -(\pm 1) \cdot E_{0,i,j}^{\tau} \cdot \exp(\Delta RF_{t,FX_j} - \Delta R_j(t, i_{\tau}) \cdot \tau + C^{A,IF}(\tau, FX_j) \cdot t) \end{pmatrix}$$

avec

$$E_{0,i,j} := RT_{0,FX_j} \cdot \hat{E}_{0,i,j}$$

et

$$E_{0,i,j}^{\tau} := \tilde{F}_{\tau}^j \cdot \exp(-R_j(0, i_{\tau}) \cdot \tau) \cdot RT_{0,FX_j}.$$

La multiplication par  $(\pm 1)$  dans les formules détermine si les termes sont un *Long-Forward* ou un *Short-Forward*. Dans le cas « + », il s'agit d'un *Long-Forward*.

- $N_{\tau}^j$  représente le nominal dans la  $j$ -ème monnaie avec une durée résiduelle  $\tau$  et  $\tilde{F}_{\tau}$  est le taux *FX-Forward* correspondant selon le contrat conclu avec une durée résiduelle  $\tau$ .<sup>7</sup> Les constantes de normalisation ont la forme

$$C^{A,FXF}(\tau, FX_j) := -\frac{1}{2} \left( \text{Var}(\Delta RF_{1,FX_j}) - 2\tau \text{Cov}(\Delta RF_{1,FX_j}, \Delta R_j(1, i_{\tau})) + \tau^2 \text{Var}(\Delta R_j(1, i_{\tau})) \right).$$

- $\tilde{F}_{\tau}^j$  représente le taux *Index-Forward* selon le contrat conclu avec une durée résiduelle  $\tau$  dans la  $j$ -ème monnaie et  $\hat{E}_{0,i,j}$  est l'exposition au sous-jacent à la date de référence du SST dans la  $j$ -ème monnaie. Dans le cas d'une couverture aussi complète que possible, le montant  $\tilde{F}_{\tau}^j$  devrait donc être d'un ordre de grandeur similaire à  $\hat{E}_{0,i,j}$ .<sup>8</sup>

<sup>7</sup> Au lieu de reproduire tous les contrats séparément, il est possible d'utiliser le taux *forward* pondéré avec un nominal correspondant pour les contrats ayant la même durée résiduelle  $\tau$ .  $U$  représente le nombre de contrats *FX-Forward* conclus précédemment,  $\tilde{F}_{\tau}^u$  ( $u = 1, \dots, U$ ) les taux *FX-Forward* correspondants et  $N_{\tau}^{j,u}$  les nominaux correspondants. Le taux *forward* pondéré est alors  $\tilde{F}_{\tau} := \sum_u \omega_u \tilde{F}_{\tau}^u$  avec une pondération  $\omega_u := \frac{N_{\tau}^{j,u}}{\sum_u N_{\tau}^{j,u}}$  et le nominal à utiliser  $N_{\tau}^j := \sum_u N_{\tau}^{j,u}$ .

<sup>8</sup> Au lieu de reproduire tous les contrats séparément, il est possible d'utiliser la somme des taux *forward* avec une exposition correspondante pour les contrats ayant la même durée résiduelle  $\tau$ .  $U$  représente le nombre de contrats *Index-Forward* conclus précédemment,  $\tilde{F}_{\tau}^{j,u}$  ( $u = 1, \dots, U$ ) avec une exposition à la date de référence du SST dans la monnaie étrangère  $\hat{E}_{0,i,j}^u$  avec des durées résiduelles identiques  $\tau$ . La somme des taux *forward* est alors  $\tilde{F}_{\tau}^j := \sum_u \tilde{F}_{\tau}^{j,u}$  avec la somme des expositions à la date de référence du SST dans la monnaie étrangère à utiliser à cet effet  $\hat{E}_{0,i,j} := \sum_u \hat{E}_{0,i,j}^u$ .

La constante de normalisation satisfait à l'équation  $C^{A,IF}(\tau, FX_j) = C^{A,FXF}(\tau, FX_j)$ .

Remarques :

- Dans les fonctions d'évaluation décrites aux chapitres 3.2.1 et 3.2.2, les expositions initiales sont directement multipliées par des facteurs de variation stochastiques à distribution log-normale<sup>9</sup> (facteurs de variation de prix ou facteurs de variation des facteurs d'escompte), afin de déterminer les valeurs en fin d'année.
- Grâce aux termes de normalisation  $C^{A,fix}(r, \alpha_j, \tau, FX_j)$ ,  $C^{A,Price}(RF_i, FX_j, \beta_i)$  et  $C^{IL}(\tau, FX_j)$ , l'espérance des termes de variation stochastique est normalisée à un, en raison de l'hypothèse de distribution normale des variations du facteur de risque définie au chapitre 2.4.

### 3.3 Méthode delta

Ce chapitre décrit la méthode delta qui s'applique aux positions du bilan qui ne sont pas déterminées par des fonctions d'évaluation exactes. Il s'agit des positions qui sont englobées dans le terme résiduel  $\Delta(\cdot)$  à la *Formule 1*.

$\Delta(A_0, \tilde{A}_0, IL_0, OL_0, RT_t)$  désigne le terme résiduel pris en compte par la méthode delta. Il est constitué de façon additive des termes

- $\Delta^M(A_0, \tilde{A}_0, IL_0, OL_0, RT_t)$  désigne le terme résiduel du risque de marché pris en compte par la méthode delta. Selon le portefeuille, ce terme résiduel est requis pour modéliser les actifs et les engagements qui ne peuvent pas être modélisés de façon pertinente avec les fonctions  $f^{fix,A}$ ,  $f^{Price,A}$ ,  $f^{Forwards,A}$  et  $f_{IL}^{r,M}$ .
- $\Delta^I(IL_0, RT_t)$  désigne le terme qui décrit la variation de la fonction d'évaluation  $f^r$  à l'aide d'une méthode delta des risques d'assurance vie et d'assurance-maladie.

Sous certaines hypothèses de régularité, on obtient à l'aide de l'approximation de premier ordre du développement de Taylor une représentation approximative de la variation de la fonction d'évaluation. Il en résulte notamment une décomposition additive de la variation de la fonction d'évaluation relative à la dépendance stochastique des générateurs de risque de marché ( $M$ ) et d'assurance ( $I$ )  $RT_t = (RT_t^M, RT_t^I)$ .

Nous utilisons ci-après des valeurs escomptées avec le taux sans risque et centrées (sur la base des explications au chapitre 4). Nous remplaçons en outre les dérivées par des quotients de différences avec des variations relativement importantes.

---

<sup>9</sup> Voir les chapitres 2.4, 3.2 et 3.3.3

### 3.3.1 Risques de marché

Nous calculons approximativement la valeur des actifs  $V(A_t)$  et des *best estimate* des engagements d'assurance conjointement avec la valeur des autres engagements  $V(L_t)$ , qui ne peuvent pas être modélisés avec les fonctions (exactes)  $f^{fix,A}$ ,  $f^{Price,A}$ ,  $f^{Forwards,A}$  et  $f_{IL}^{r,M}$ <sup>10</sup> avec

$$V(A_t) \approx \Delta^{M,A}(A_0, RT_t) := V(A_0) + \sum_{k=1}^{n_1} \frac{\partial V(A_0)(RT_0)}{\partial (RF_{0,k}^M)} (RF_{t,k}^M - RF_{0,k}^M) + \sum_{k=n_1+1}^{n_2} \frac{\partial V(A_0)(RT_0)}{\partial (RT_{0,k}^M)} (RT_{t,k}^M - RT_{0,k}^M)$$

$$V(L_t) \approx \Delta^{M,L}(\tilde{A}_0, IL_0, OL_0, RT_t) := V(\tilde{A}_0, IL_0, OL_0) + \sum_{k=1}^{n_1} \frac{\partial V(\tilde{A}_0, IL_0, OL_0)(RT_0)}{\partial (RF_{0,k}^M)} (RF_{t,k}^M - RF_{0,k}^M) + \sum_{k=n_1+1}^{n_2} \frac{\partial V(\tilde{A}_0, IL_0, OL_0)(RT_0)}{\partial (RT_{0,k}^M)} (RT_{t,k}^M - RT_{0,k}^M)$$

où  $\Delta^{M,A}$  et  $\Delta^{M,L}$  représentent respectivement le terme résiduel du risque de marché des actifs et des engagements d'assurance. Dans les premiers termes  $\sum_{k=1}^{n_1}(\cdot)$ , nous utilisons la propriété que les générateurs de risque et les facteurs de risque coïncident. Afin d'améliorer la lisibilité, nous avons renoncé à la présentation des facteurs scalaires. Aux fins de l'implémentation, les facteurs scalaires doivent cependant être appliqués aux facteurs de risque.

Nous définissons le terme résiduel du risque de marché par

$$\Delta^M(A_0, \tilde{A}_0, IL_0, OL_0, RT_t) := \Delta^{M,A}(A_0, RT_t) - \Delta^{M,L}(\tilde{A}_0, IL_0, OL_0, RT_t)$$

### 3.3.2 Parenthèse : risques actuariels

Les risques d'assurance sont modélisés via la méthode delta dans les branches vie et maladie.

Dans la branche vie, nous approximations la variation de la fonction d'évaluation  $f^r$  par une fonction des facteurs de risque actuariels définie comme suit :

$$\Delta^I(IL_0, RT_t) := \sum_{k=n_2+1}^n (RF_{1,k}^I - RF_{0,k}^I).$$

Dans les risques d'assurance vie, nous utilisons par conséquent en guise de « facteurs de risque » la variation spécifique au portefeuille du RBC résultant de la variation des paramètres actuariels, tels que la mortalité (et non la mortalité elle-même en tant que facteur de risque). Afin de simplifier la notation, nous continuons à désigner ces facteurs de risques spécifiques au portefeuille par  $RF_{1,k}^I$ . Cela signifie

<sup>10</sup> Notons que cela représente un certain « Abuse of Notation », car au chapitre 2.1 les expressions  $V(A_t), V(L_t)$ , etc. se réfèrent à l'ensemble du portefeuille et pas uniquement aux composantes répliquables de façon exacte.

que toutes les dérivées partielles concernant les facteurs de risques spécifiques au portefeuille sont données par la constante ayant la valeur un. Pour de plus amples références, nous renvoyons à la description technique du modèle standard SST assurance-vie.

### 3.3.3 Sensibilités pour les risques de marché

Nous approfondissons à présent le calcul des sensibilités pour les risques de marché.

Inspirés par l'équation différentielle stochastique pour les mouvements browniens géométriques<sup>11</sup>, nous utilisons l'approximation suivante pour les générateurs de risque qui ne sont pas eux-mêmes distribués selon une loi normale

Formule 2

$$\Delta RT_{1,k}^M = (RT_{1,k}^M - RT_{0,k}^M) \approx RT_{0,k}^M \cdot (RF_{1,k}^M - RF_{0,k}^M),$$

où  $RF_{0,k}^M = 0$  s'applique, car un mouvement brownien multiplié par un scalaire (le cas échéant translaté) démarre à zéro. Les quotients de différences suivants sont utilisés pour le calcul des sensibilités :

- Pour les facteurs de risques avec  $RT_{t,i}^M = RF_{t,i}^M$

$$\frac{\partial V(RT_0)}{\partial (RF_{0,k}^M)} (RF_{1,k}^M - RF_{0,k}^M) \approx \frac{V(RF_{0,k}^M + h_+) - V(RF_{0,k}^M - h_-)}{h_+ + h_-} (RF_{1,k}^M - RF_{0,k}^M)$$

où, afin de simplifier la notation, nous avons négligé à droite de l'équation la dépendance  $V(\cdot)$  par rapport à tous les autres générateurs de risque, à l'exception du générateur de risque dévié. Les valeurs  $h_+$  et  $h_-$  définissent la valeur des déviations, cf. le chapitre 5.4. Nous continuons à utiliser cette notation simplificatrice sans commentaire dans les explications ci-après.

- Pour les générateurs de risque qui ne sont pas eux-mêmes distribués selon une loi normale, les sensibilités relatives aux générateurs de risque sont également déterminées par rapport aux générateurs de risque, ici par le biais de déviations relatives ( $\tilde{h}_\pm = h_\pm \cdot RT_{0,k}^M$ )

$$\frac{\partial V(RT_0)}{\partial (RT_{0,k}^M)} (RT_{1,k}^M - RT_{0,k}^M) \approx \frac{V(RT_{0,k}^M(1 + h_+)) - V(RT_{0,k}^M(1 - h_-))}{(h_+ + h_-) \cdot RT_{0,k}^M} \cdot RT_{0,k}^M \cdot (RF_{1,k}^M - RF_{0,k}^M),$$

où nous avons également utilisé l'approximation de la variation des générateurs de risques de la Formule 2. L'utilisation de déviations relatives vise en premier lieu à garantir que les quotients de différences soient déterminés de façon similaire, ces derniers se basant sur une déviation de générateurs de risque aux valeurs initiales parfois très différentes. Notons à cet égard que les ap-

<sup>11</sup> Le processus du prix des actions (escompté) constitue le cas le plus connu. Le processus  $S$  – défini par  $S_t = S_0 \exp(\int_0^t \lambda_s ds - \frac{1}{2} \sigma^2 t + \sigma W_t)$  – résout l'équation différentielle stochastique (SDE)  $dS_t = S_t(\lambda_t dt + \sigma dW_t)$ , où  $W = (W_t)_t$  représente un mouvement brownien standard (qui commence par zéro) et  $\lambda = (\lambda_t)_t$  un « drift ». Une discrétisation de cette SDE débouche sur la Formule 2 avec  $RF_{0,k}^M = 0$  (car l'exposant démarre à zéro).

proximations linéaires décrites par les quotients de différences décrivent dans certaines situations mieux la fonction d'évaluation, en ce qui concerne la queue de la distribution du  $RBC$ , que celles qui sont décrites par les dérivées partielles.

Nous pouvons à présent réduire  $RT_{0,k}^M$  et obtenons

$$\frac{\partial V(RT_0)}{\partial (RT_{0,k}^M)} (RT_{1,k}^M - RT_{0,k}^M) \approx \frac{V(RT_{0,k}^M(1+h_+)) - V(RT_{0,k}^M(1-h_-))}{(h_+ + h_-)} (RF_{1,k}^M - RF_{0,k}^M).$$

Nous définissons à présent comme suit le « vecteur de sensibilité »  $n$ -dimensionnel cohérent concernant les incréments des facteurs de risque

$$\delta = (\delta_1, \dots, \delta_{n_1}, \delta_{n_1+1}, \dots, \delta_{n_2}, 1, \dots, 1)$$

avec

$$\delta_i = \frac{V(RF_{0,i} + h_+) - V(RF_{0,i} - h_-)}{(h_+ + h_-)}, \quad i \in \{1, \dots, n_1\}$$

et

$$\delta_j = \frac{V(RT_{0,j}(1+h_+)) - V(RT_{0,j}(1-h_-))}{(h_+ + h_-)} \approx \frac{\partial V(RT_0)}{\partial (RT_{0,j})} \cdot RT_{0,j}, \quad j \in \{n_1 + 1, \dots, n_2\}.$$

### 3.4 Récapitulatif

Eu égard aux déductions décrites dans ces chapitres, on obtient pour la modification du  $RBC$

$$\begin{aligned} RBC_1^r - RBC_0^g &\approx f^r(RT_1, 1) - RBC_0^g = f^r(RT_1, 1) - f^r(RT_0, 0) + (RBC_0^r - RBC_0^g) \\ &= f^{fix,A}(RT_1^{fix}, RT_{1,FX}, 1) - f^{fix,A}(RT_0^{fix}, RT_{0,FX}, 0) \\ &\quad + f^{Price,A}(RT_1^{Price}, RT_{1,FX}, 1) - f^{Price,A}(RT_0^{Price}, RT_{0,FX}, 0) \\ &\quad + f^{Forwards,A}(RT_1^{fix}, RT_1^{Price}, RT_{1,FX}, 1) - f^{Forwards,A}(RT_0^{fix}, RT_0^{Price}, RT_{0,FX}, 0) \\ &\quad - f_{IL}^{r,M}(IL_0, RT_1, 1) + f_{IL}^{r,M}(IL_0, RT_0, 0) \\ &\quad + \Delta(A_0, \tilde{A}_0, IL_0, OL_0, RT_1) - \Delta(A_0, \tilde{A}_0, IL_0, OL_0, RT_0) + (RBC_0^r - RBC_0^g). \end{aligned}$$

## 4 Centrage et résultat attendu

### 4.1 Centrage

Les *drifts* futurs des placements ne peuvent être évalués d'une façon fiable car il n'existe pas actuellement d'estimateurs robustes fiables. L'*hypothèse de stationnarité* appliquée à l'évaluation des engagements d'assurance, qui réduit fortement la complexité, a en outre pour effet que des éventuelles influences des passifs sur le résultat financier en sus de la rémunération sans risque ne sont pas directement intégrées dans la modélisation des risques de marché.

Le résultat financier attendu en sus de la rémunération sans risque ne peut donc pas être directement intégré dans le calcul du capital cible via les *drifts* des facteurs de risque. Des valeurs centrées doivent plutôt être observées

$$\Delta RF = (\Delta RF_{1,1}, \dots, \Delta RF_{1,n}) = (\Delta RF_{1,1}^u - E[\Delta RF_{1,1}^u], \dots, \Delta RF_{1,n}^u - E[\Delta RF_{1,n}^u]),$$

avec

$$\Delta RF_{1,i} = RF_{1,i} - RF_{0,i}, \quad i \in \{1, \dots, n\},$$

où l'indice  $u$  représente les facteurs de risque non centrés. Nous supposons que ce vecteur  $\Delta RF$  centré (autour de zéro) est normal multivarié.

L'utilisation de valeurs centrées a une influence sur la mesure des risques. Les effets de *drift* linéaires négligés peuvent être corrigés par la simple addition d'un « résultat attendu en sus de la rémunération sans risque ». Dans le cas d'effets géométriques des *drifts* positifs, leur non-prise en compte entraîne, en revanche, une réduction de la variance des générateurs de risque. Cette réduction de variance doit être prise en considération dans le cadre de la prise en compte du résultat financier attendu en sus de la rémunération sans risque. Dans le cadre du modèle standard SST pour le risque de marché, cette prise en compte s'effectue au moyen d'un facteur scalaire (cf. chapitre 4.2).

### 4.2 Résultat financier attendu

Étant donné que le calcul du capital risque est centré, les effets du résultat financier attendu en sus de la rémunération sans risque sont pris en compte via un calcul supplémentaire. Dans le modèle standard SST pour le risque de marché, le résultat financier attendu est déterminé au moyen des valeurs suivantes :

- le rendement attendu en sus de la rémunération sans risque : est déterminé au moyen de facteurs spécifiques aux actifs définis par la FINMA :
  - emprunts d'État : 0 bps
  - investissements à revenu fixe, comportant des risques de *spread* : 65 bps (pour les hypothèques, voir ci-dessous),
  - hypothèques : 150 bps
  - actions : 400 bps

- *private equity* : 500 bps
  - *hedge funds* : 200 bps
  - immeubles : 300 bps
  - actifs dans le modèle delta : spécifiquement à l'entreprise au moyen des valeurs de référence ci-dessus
- le facteur scalaire  $\gamma$ . Ce facteur scalaire tient compte du fait que la variance des actifs correspondants augmente lors de l'intégration des *drifts* positifs en cas d'effets géométriques. Les effets au passif du bilan tels que les participations des preneurs d'assurance sont également réglés.  $\gamma = 0.8$  s'applique actuellement pour les assureurs vie et  $\gamma = 0.9$  pour les entreprises d'assurance de toutes les autres branches.

Pour finir, le résultat financier attendu (*Expected Financial Result, EFR*) correspond finalement à

$$EFR = \gamma \cdot \sum_i \text{return over riskfree}_i \cdot \text{exposure}_i$$

#### Adaptation définie des *spreads* implicites

Le rendement attendu en sus de la rémunération sans risque pour les investissements à revenu fixe comportant des risques de *spread*, à hauteur de 65 bps, peut être remplacé, dans le sens de la possibilité de définition d'adaptations offerte par le Cm 106 de la Circ.-FINMA 2017/3 « SST », par un *spread* implicite avec une limite supérieure pour le rapport EFR / risque de marché.

Nous calculons le rendement attendu en sus de la rémunération sans risque pour les investissements à revenu fixe comportant des risques de *spread*.

Nous calculons le *spread* implicite  $S(0, r, j)$  à la date  $t = 0$  dans la  $j$ -ème monnaie ( $j \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$ ) avec la notation  $r \in \{EUGO, CANT, CORP, AAA, AA, A, BBB, BB\}$  conformément au chapitre 3.2.2, où en particulier  $r \neq GOVI$ .

Nous obtenons le *spread* implicite  $S(0)$  au niveau du portefeuille par une pondération avec les prix du marché dans la monnaie du SST, c.-à-d. concrètement

$$S(0) = \frac{\sum_{r,j} S(0, r, j) \cdot E(0, r, j)}{\sum_{r,j} E(0, r, j)}$$

Dans le cadre d'une adaptation définie, il est possible d'adopter la procédure simplifiée suivante pour les placements à revenu fixe comportant des risques de *spread*, sous réserve de la condition indiquée dans l'inégalité plus bas :

$$\text{return over risk free}_i = S(0).$$

Où l'indice  $i$  représente les actifs à revenu fixe, comportant des risques de *spread*, dans le calcul du résultat financier attendu en sus de la rémunération sans risque et où  $S(0)$  est déterminé par la formule ci-avant.

Lors de l'application de cette procédure, la société doit garantir que le résultat financier attendu ne dépasse pas la limite suivante, prescrite par le risque de marché  $MR$ .

$$EFR \leq \frac{MR}{3}.$$

Tout changement apporté à la méthode de calcul conformément à la méthode susmentionnée doit être maintenu pendant au moins quatre ans à compter de la date du changement.

## 5 Générateurs de risque de marché, règles de *mapping*, méthode d'évaluation et base de données

Sur la base du cadre modèle théorique dérivé dans les chapitres 2 et 3, ce chapitre définit les éléments supplémentaires nécessaires au calcul du risque de marché, conjointement avec les informations spécifiques à l'assurance.

Les éléments suivants sont notamment décrits :

- les générateurs de risque de marché pris en compte dans le modèle standard SST pour le risque de marché ;
- l'application des générateurs de risque de marché dans le cadre de l'évaluation exacte ;
- les positions à considérer par les générateurs de risque de marché et les règles de *mapping* pour les fonctions d'évaluation exactes ;
- la signification et la détermination des sensibilités dans la méthode delta ;
- les données de base ;
- la méthode d'estimation pour la détermination des volatilités et de la matrice de corrélation.

### 5.1 Générateurs de risque de marché

Le modèle standard SST pour le risque de marché comprend un total de 41 générateurs de risque de marché, dont seuls 37 sont utilisés pour l'analyse des fonctions d'évaluation exactes. Ce sont les suivants :

- Taux d'intérêt (*zero rates*) pour les monnaies CHF, EUR, USD et GBP et les maturités à court, moyen et long terme [4\*3 générateurs de risque]
- Volatilité implicite des taux d'intérêt [1 générateur de risque] (*non utilisé par les fonctions d'évaluation exactes*)
- *Credit Spreads* [11 générateurs de risque]
- *Swap Government Spread* [1 générateur de risque] (*non utilisé par les fonctions d'évaluation exactes*)
- Taux de change : EUR/CHF, USD/CHF, GBP/CHF, JPY/CHF [4 générateurs de risque]

- Volatilité FX implicite [1 générateur de risque] (*non utilisé par les fonctions d'évaluation exactes*)
- Marchés des actions : Suisse, Europe, États-Unis, Royaume-Uni, Japon [5 générateurs de risque]
- Volatilité implicite des actions [1 générateur de risque] (*non utilisé par les fonctions d'évaluation exactes*)
- *Hedge funds* [1 générateur de risque]
- Private equity [1 générateur de risque]
- Biens immobiliers en Suisse : immobilier résidentiel direct et fonds immobiliers [2 générateurs de risque].
- Participations [1 générateur de risque]

Étant donné que le facteur de risque Immobilier résidentiel direct Suisse est généré par une mise à l'échelle de la volatilité du facteur de risque pour les fonds immobiliers, seuls 40 facteurs de risque sont proprement modélisés de manière stochastique. Le facteur scalaire de l'immobilier résidentiel est respectivement estimé sur la base de données historiques des deux générateurs de risque.

Seuls 39 générateurs de risque sont pris en compte pour l'estimation des volatilités et de la matrice de corrélation des facteurs de risque proprement modélisés. La volatilité pour les participations est définie par une appréciation des experts et n'est pas systématiquement calibrée chaque année. Par rapport à l'immobilier résidentiel Suisse, ce facteur de risque est en revanche proprement modélisé.

## 5.2 Utilisation des générateurs de risque de marché dans le cas de fonctions d'évaluation exactes

Description	Signification	Mode de fonctionnement
<p>Taux d'intérêt (zero rates) (CHF ; EUR ; USD ; GBP)</p> <p>à court terme</p>	<p>Les flux de trésorerie avec une durée résiduelle d'au plus 5 ans sont escomptés simulation par simulation <i>sur la base</i> de ce taux d'intérêt.</p> <p>Les taux d'intérêts sont également inclus dans les fonctions d'évaluation des <i>forwards</i> explicitement modélisés avec une durée résiduelle correspondante.</p>	<p>Application de la fonction d'évaluation aux facteurs de risque déviés (avec la durée résiduelle exacte).</p>
<p>Taux d'intérêt (zero rates) (CHF ; EUR ; USD ; GBP)</p> <p>à moyen terme</p>	<p>Les flux de trésorerie avec une durée résiduelle de plus de 5 ans et jusqu'à 19 ans sont escomptés simulation par simulation, <i>sur la base</i> de ce taux d'intérêt.</p> <p>Des intérêts sont également inclus dans les fonctions d'évaluation des <i>forwards</i> explicitement reproduits avec une durée de vie correspondante.</p>	<p>Similaire aux taux d'intérêt à court terme.</p>
<p>Taux d'intérêt (zero rates) (CHF ; EUR ; USD ; GBP)</p> <p>à long terme</p>	<p>Les flux de trésorerie avec une durée résiduelle de plus de 19 ans sont escomptés simulation par simulation, <i>sur la base</i> de ce taux d'intérêt.</p> <p>Des intérêts sont également inclus dans les fonctions d'évaluation des <i>forwards</i> explicitement reproduits avec une durée de vie correspondante.</p>	<p>Similaire aux taux d'intérêt à court terme.</p>
<p>Volatilité implicite des taux d'intérêt (modèle de Bachelier)</p>	<p>Les produits qui présentent une sensibilité par rapport à ce facteur de risque sont modélisés via la méthode delta, voir le chapitre 5.4.</p>	
<p>Spread de crédit</p>	<p>Pour chaque simulation, des flux de trésorerie nominaux du <i>spread correspondant</i> sont escomptés avec le <i>spread</i> modélisé.</p>	<p>Application de la fonction d'évaluation aux facteurs de risque déviés (avec la durée résiduelle exacte).</p>
<p>FX EUR/CHF</p>	<p>Les flux de trésorerie « <i>fixed-income</i> » nominaux et les expositions en actifs ayant des valeurs de marché directes (par ex. les actions, etc.) sont convertis en CHF par multiplication dans le cadre de la fonction d'évaluation.</p>	<p>Reproduction des expositions correspondantes par le biais de la fonction d'évaluation.</p>

Description	Signification	Mode de fonctionnement
	Également compris dans les fonctions d'évaluation des <i>forwards</i> explicitement modélisés.	
FX USD/CHF	Similaire à EUR/CHF	Similaire à « FX EUR/CHF »
FX GBP/CHF	Similaire à EUR/CHF	Similaire à « FX EUR/CHF »
FX JPY/CHF	Similaire à EUR/CHF	Similaire à « FX EUR/CHF »
Volatilité FX implicite	Les produits qui présentent une sensibilité par rapport à ce facteur de risque sont pris en compte via la méthode delta, voir le chapitre 5.4	
Actions  Suisse EMU États-Unis GB Japon	Les expositions sont multipliées par le facteur de variation des prix pour chaque simulation (y compris la variation du taux de change).  Également compris dans les fonctions d'évaluation des <i>forwards</i> sur actions explicitement modélisés.	La fonction d'évaluation se déduit de la multiplication de l'exposition par le facteur de variation de prix correspondant, respectivement de la fonction explicite pour les <i>Index-Forwards</i> .
Volatilité implicite des actions	Les produits qui présentent une sensibilité par rapport à ce facteur de risque sont modélisés via la méthode delta, voir le chapitre 5.4.	
<i>Hedge funds</i>	Les expositions sont multipliées par le facteur de variation des prix pour chaque simulation (y compris la variation du taux de change).  Également compris dans les fonctions d'évaluation des <i>forwards</i> sur <i>hedge funds</i> explicitement modélisés.	La fonction d'évaluation résulte de la multiplication de l'exposition par le facteur de variation de prix correspondant, respectivement de la fonction explicite pour les <i>Index-Forwards</i> .
Private equity	Les expositions sont multipliées par le facteur de variation des prix pour chaque simulation (y compris la variation du taux de change).  Également compris dans les fonctions d'évaluation des <i>forwards</i> sur <i>private equity</i> explicitement modélisés.	La fonction d'évaluation se déduit de la multiplication de l'exposition par le facteur de variation de prix correspondant, respectivement de la fonction explicite pour les <i>Index-Forwards</i> .
Immobilier résidentiel direct Suisse	Les expositions sont multipliées par le fac-	La fonction d'évaluation se déduit de la multi-

Description	Signification	Mode de fonctionnement
	<p>teur de variation des prix pour chaque simulation.</p> <p>Également compris dans les fonctions d'évaluation des <i>forwards</i> sur l'immobilier résidentiel direct explicitement modélisés.</p>	<p>plication de l'exposition par le facteur de variation de prix correspondant, qui est modélisé par le biais du facteur de risque de l'immobilier résidentiel, dont la volatilité est réduite au niveau de celle de l'indice CIFI, respectivement de la fonction explicite pour les <i>Index-Forwards</i>.</p>
Fonds immobiliers Suisse	<p>Les expositions sont multipliées par le facteur de variation des prix pour chaque simulation.</p> <p>Également compris dans les fonctions d'évaluation des <i>forwards</i> sur les fonds immobiliers explicitement modélisés.</p>	<p>La fonction d'évaluation se déduit de la multiplication de l'exposition par le facteur de variation de prix correspondant, respectivement de la fonction explicite pour les <i>Index-Forwards</i>.</p>
Participations	<p>Les expositions sont multipliées par le facteur de variation des prix pour chaque simulation.</p>	<p>La fonction d'évaluation se déduit de la multiplication de l'exposition par le facteur de variation de prix correspondant.</p>

Tableau 2 Application des générateurs de risque de marché dans le cas de fonctions d'évaluation exactes

### 5.3 Positions à considérer par les générateurs de risque de marché et règles de *mapping* dans le cas de fonctions d'évaluation exactes

Description	Positions à considérer et règles de <i>mapping</i>
Taux d'intérêt (zero rates) (CHF ; EUR ; USD ; GBP)	Toutes les positions du bilan <i>fixed-income</i> sensibles aux taux d'intérêt, par exemple <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Obligations</li> <li>▪ Hypothèques à taux fixe, hypothèques</li> <li>▪ Crédits à revenu fixe et prêts à durée déterminée</li> <li>▪ Engagement avec structure correspondante des flux de trésorerie</li> </ul>
à court terme	Les expositions <i>forward</i> décrites au chapitre 3.2.
à moyen terme	Ne doivent pas être pris en compte ici :
à long terme	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ L'immobilier doit être pris en compte via le générateur de risque séparé pour l'immobilier.</li> <li>▪ Les instruments de taux d'intérêt dont les flux de trésorerie ne sont pas de nature purement nominale (par ex. obligations convertibles, <i>floating rate notes</i>, etc.) doivent être modélisés par le biais de la méthode delta en tenant compte de tous les facteurs pertinents.</li> </ul> <p><i>Fixed income</i> dans des monnaies autres que CHF, EUR, USD et GBP : les expositions de taux d'intérêt dans des monnaies pour lesquelles il n'existe pas de facteurs de risque séparés sont à attribuer aux paniers de la monnaie saisie qui est géographiquement la plus proche.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Asie de l'Est et de la zone Pacifique (Asia-Pacific) et Amérique du Nord et du Sud (Americas) : <i>mapping</i> sur taux d'intérêt USD ;</li> <li>2) Europe, Proche-Orient, Afrique et États de la CEI (EMEACIS) : <i>mapping</i> sur taux d'intérêt EUR.</li> </ol>
<i>Spreads</i> de crédit	<p>Le risque de <i>spread</i> porte sur les instruments financiers dont les valeurs actuelles réagissent aux variations des <i>spreads</i> de crédit.</p> <p>Les risques de <i>spread</i> concernent également toutes les positions exposées à un risque de contrepartie. Sont exceptées certaines émissions d'États souverains (cf. le point 1 ci-dessous) et, dans certaines conditions, les hypothèques (cf. les cas particuliers au point II ci-dessous.)</p> <p>Lors du traitement des <i>spreads</i>, le modèle standard SST pour le risque de marché distingue les cas suivants</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. États souverains : <ul style="list-style-type: none"> <li>États souverains ayant une politique monétaire indépendante et facteurs de risque de taux de la monnaie respective pris en compte dans le modèle standard SST pour le risque de marché (c.-à-d. Suisse, Royaume-Uni et États-Unis, pour autant qu'aucun facteur de risque propre ne soit utilisé) et États souverains de la zone euro notés AAA : aucun risque de <i>spread</i>. On suppose qu'un éventuel risque de <i>spread</i> est déjà couvert par le risque de taux d'intérêt.</li> <li>États souverains dans la zone euro avec une notation inférieure à AAA : <i>mapping</i> sur EUGO_Spread.</li> <li>En cas d'émissions de ces États souverains en monnaies étrangères, le traitement s'effectue comme pour les « autres contreparties » selon les points 3 à 5.</li> <li>Tous les autres États souverains : selon les points 3 à 5.</li> </ul> </li> </ol>

Description	Positions à considérer et règles de <i>mapping</i>
	<p>2. Contreparties suisses :</p> <p>Lettres de gage suisses de la centrale d'émission de lettres de gage et de la Banque des Lettres de Gage, positions de collectivités territoriales (en dehors de la Confédération elle-même, par exemple cantons et communes), banques cantonales bénéficiant d'une garantie de l'État : <i>mapping</i> sur CH_CANT_Spread (facteur CANT).</p> <p>Toutes les autres <i>corporates</i> CHF suisses : <i>mapping</i> sur CHF_CORP_Spread (facteur CORP).</p> <p>3. Toutes les autres contreparties notées <i>investment grade</i> : <i>mapping</i> selon notation et groupe géographique (cf. ci-dessous). On peut citer comme exemples les positions comportant des risques de crédit, comme les emprunts et les prêts d'entreprises et de créanciers publics qui ne sont pas des États souverains (p. ex. Bundesländer allemands, États des États-Unis, provinces canadiennes, communes, etc.).</p> <p>4. Toutes les autres contreparties de qualité <i>sub-investment grade</i> : <i>mapping</i> sur <i>BB-Spread</i> (USD).</p> <p>5. Toutes les autres contreparties sans notation. <i>Mapping</i> sur facteurs de risque <i>BBB-Spread</i> EUR ou USD selon l'attribution géographique.</p> <p>Groupement géographique : l'attribution géographique s'effectue sur la base de la monnaie du titre. Ainsi une obligation de Royal Bank of Canada en EUR est assignée au <i>spread</i> EUR, une obligation de Royal Bank of Canada en CAD ou en USD l'est toutefois au <i>spread</i> USD.</p> <p>a) Expositions en USD et en monnaies d'Amérique du Nord et du Sud (Americas), d'Extrême-Orient et de la région Asie-Pacifique (Asia Pacific) : <i>mapping</i> sur <i>spread</i> USD.</p> <p>b) Expositions en EUR et autres monnaies d'Europe (y c. GBP), c.-à-d. également toutes les expositions CHF d'émetteurs étrangers, expositions du Proche-Orient, d'Afrique et des États de la CEI (EMEACIS) : <i>mapping</i> sur <i>spread</i> EUR.</p> <p>Cas particuliers :</p> <p>I. Il n'y a pas de générateur de risque séparé pour EUR-AAA. Les risques EUR-AAA sont modélisés à l'aide du facteur de risque de <i>spread</i> US-AAA. La volatilité du facteur de risque de <i>spread</i> US-AAA est mise à l'échelle avec un facteur de 75 %.</p> <p>II. Les hypothèques directes en cas d'utilisation simultanée du modèle standard SST pour le risque de crédit sont considérées comme ne comportant pas de risques de <i>spread</i> supplémentaires (aucun risque de <i>spread</i> dans le modèle standard SST pour le risque de marché).</p>
FX	<p>Les expositions <i>forward</i> décrites au chapitre 3.2, pour autant qu'elles soient soumises à un risque de change correspondant.</p> <p>Pour toutes les positions du bilan <i>fixed-income</i> avec des flux de trésorerie nominaux (y compris les flux de trésorerie équivalent certain des engagements d'assurance) et toutes les positions du bilan dont le facteur de variation de prix (sans <i>drift</i> en sus de la rémunération sans risque) est explicitement modélisé (comme les expositions aux actions et à l'immobilier), le risque de change est modélisé par le biais du facteur d'escompte et du facteur de variation de prix.</p> <p>Pour toutes les autres positions telles que les dérivés qui comportent une composante de monnaie</p>

Description	Positions à considérer et règles de <i>mapping</i>
	<p>étrangère correspondante (par ex. jambe EUR d'un FX-swap EUR/GBP), les risques de change doivent être pris en compte par le biais de la méthode delta.</p> <p>Les expositions dans des monnaies pour lesquelles il n'existe pas de générateurs de risque séparés sont à attribuer à la monnaie saisie qui est géographiquement la plus proche. Les règles suivantes s'appliquent :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Amérique du Nord et du Sud (Americas) : <i>mapping</i> sur dollar US ;</li> <li>2) Asie de l'Est et zone Pacifique (Asia-Pacific) : <i>mapping</i> sur yen japonais ;</li> <li>3) Monnaies d'Europe, du Proche-Orient, d'Afrique ainsi que des États de la CEI (EMEACIS) : <i>mapping</i> sur euro. Exceptions : franc suisse et livre sterling.</li> </ol>
Actions	<p>Tous les investissements en actions (sans les participations) et les <i>forwards</i> sur actions sont modélisés par les générateurs de risque Actions.</p> <p>La méthode delta doit être utilisée pour les autres positions du bilan, qui ont une sensibilité indirecte au cours de certaines actions ou à certains indices d'actions.</p> <p>Les expositions doivent être assignées comme suit au facteur de risque appartenant à la zone économique géographiquement le plus proche :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Amérique du Nord et du Sud (Americas) : <i>mapping</i> sur indice des actions US.</li> <li>2) Asie de l'Est et zone Pacifique (Asia-Pacific) : <i>mapping</i> sur indice des actions pour le Japon.</li> <li>3) Europe, Proche-Orient, Afrique et États de la CEI (EMEACIS) : <i>mapping</i> sur indice des actions pour l'Europe. Exceptions : la Suisse et le Royaume-Uni qui sont considérés comme des zones économiques en elles-mêmes.</li> </ol> <p>Pour simplifier, la monnaie de la zone économique respective est également utilisée.</p>
<i>Hedge funds</i>	<p>Tous les placements constituant des engagements dans des <i>hedge funds</i>, en particulier</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>hedge funds</i> (placements directs)</li> <li>▪ <i>funds of hedge funds</i> (fonds de fonds)</li> <li>▪ éventuels <i>forwards</i> avec <i>hedge funds</i> sous-jacent</li> </ul>
<i>Private equity</i>	<p>Tous les placements constituant des engagements dans des <i>private equity</i>, en particulier</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>private equity funds</i></li> <li>▪ sociétés de <i>private equity</i></li> <li>▪ éventuels <i>forwards</i> avec <i>private equity</i> sous-jacent</li> </ul>
Immobilier résidentiel direct en Suisse	<p>Investissements directs en :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ immobilier résidentiel en Suisse,</li> <li>▪ immobilier mixte avec moins de 50 % de surface commerciale,</li> <li>▪ bâtiments susmentionnés en construction,</li> <li>▪ éventuels <i>forwards</i> avec immobilier résidentiel en Suisse sous-jacent.</li> </ul>
Fonds immobiliers Suisse	<p>Fonds immobiliers cotés en bourse et <i>forwards</i> éventuels sur des fonds immobiliers en Suisse</p> <p>Immobilier commercial direct en Suisse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ immobilier commercial en Suisse (investissement direct ou immeubles pour usage propre),</li> <li>▪ immobilier mixte avec plus de 50 % de surface commerciale,</li> </ul>

Description	Positions à considérer et règles de <i>mapping</i>
	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ bâtiments susmentionnés en construction,</li><li>▪ <i>forwards</i> éventuels avec immobilier commercial en Suisse sous-jacent.</li></ul>
Participations	Tout placement direct (sans les biens immobiliers, les placements en <i>private equity</i> , les bons de participation et de jouissance), tant qu'il n'est pas trop matériel. Par analogie avec le traitement jusqu'à présent, un générateur de risque spécial est prévu (volatilité de 25 %, comonotone avec les facteurs de risque restants).

Tableau 3 Positions devant être prises en compte par générateurs de risque de marché et règles de *mapping* dans le cas de fonctions d'évaluation exactes

## 5.4 Signification des générateurs de risque de marché et détermination des sensibilités dans la méthode delta

Dans la méthode delta, des sensibilités delta selon le chapitre 3.3.3 sont appliquées aux facteurs de risque déviés. Les sensibilités delta doivent être déterminées par facteur de risque dans la monnaie du SST et le cas échéant mises à l'échelle avec le facteur scalaire afférent. Dans le SST-Template, ces sensibilités delta sont regroupées par facteur de risque proprement modélisé de manière stochastique selon le chapitre 5.1.

Description	Déviations $h_i$	Signification	Détermination de la sensibilité
Taux d'intérêt (zero rates) (CHF ; EUR ; USD ; GBP) à court terme	CHF : $\pm 100$ bps EUR : $\pm 140$ bps USD : $\pm 140$ bps GBP : $\pm 140$ bps	Effet sur la valeur actuelle d'une variation de la courbe des taux entre 0 et 5,0 ans.	Nouvelle évaluation des positions sensibles aux taux d'intérêt avec une courbe des taux supérieure (inférieure) de $h_i$ par rapport à la courbe initiale sur une période de 0 à 5,0 ans. Exemple de la courbe des taux en CHF : Sur la période 0 – 5,0 ans, la courbe initiale en CHF est relevée (abaissée) uniformément de $h_i$ bps.  Ceci s'applique à toutes les courbes des taux et pas uniquement aux courbes de taux sans risque.  Si l'évaluation des actifs implique d'escompter à l'aide d'un rendement spécifique à ces instruments, il faut déterminer l'écart de rendement ( <i>credit spread</i> ) relatif au taux d'intérêt sans risque, l'escompter avec le taux d'intérêt majoré de $h_i$ ajouté au <i>credit spread</i> et attribuer le résultat à la période « à court terme ».
Taux d'intérêt (zero rates) (CHF ; EUR ; USD ; GBP) à moyen terme	CHF : $\pm 100$ bps EUR : $\pm 140$ bps USD : $\pm 140$ bps GBP : $\pm 140$ bps	Effet sur la valeur actuelle d'une variation de la courbe des taux entre 5,01 et 19,0 ans.	Similaire au calcul applicable pour le « taux d'intérêt ( <i>zero rates</i> ) à court terme »
Taux d'intérêt (zero rates) (CHF ; EUR ; USD ; GBP) à long terme	CHF : $\pm 100$ bps EUR : $\pm 140$ bps USD : $\pm 140$ bps GBP : $\pm 140$ bps	Effet sur la valeur actuelle d'une variation de la courbe des taux (courbe d'escompte) au-delà de 19,01 ans.	Similaire au calcul applicable pour le « taux d'intérêt ( <i>zero rates</i> ) à court terme »
Volatilité implicite des taux d'intérêt	$\pm 30\%$ $\frac{\sigma_{\text{SST}}}{\text{SST}}$ (relatif)	Effet sur la valeur actuelle d'instruments financiers	Variation de 30 % de la volatilité

Description	Déviation $h_i$	Signification	Détermination de la sensibilité
(modèle de Ba- chelier)		ayant une sensibilité au taux d'intérêt, en cas d'augmentation ou de diminution de la volatilité implicite de 30 %.	
<i>Spread</i> de crédit	AAA : ± 100 bps AA : ± 100 bps A : ± 120 bps BBB : ± 150 bps BB : ± 200 bps  <i>Swap-Spread</i> : ± 100 bps  EUGO_Spread : ± 100 bps  CH_CANT_Spread_ KT : ± 100 bps  CH_CORP_Spread : ± 100 bps  Si l'abaissement du <i>spread</i> débouchait sur un <i>Corporate-Spread</i> inférieur à 0, la sensibilité d'une réduction du spread à 0 doit plutôt être utilisée.	Variation de valeur provenant d'une variation de $h_i$ des <i>spreads</i> de crédit (différence entre les taux applicables aux placements comportant des risques de crédit et ceux sans risques).	Variation de valeur qui découle d'une translation de $h_i$ de la courbe des taux. Si l'évaluation des placements comportant des risques de crédit prévoit l'escompte avec un rendement spécifique à l'instrument considéré, il faut mesurer la variation de valeur en cas d'augmentation/de réduction s'élevant à $h_i$ du rendement.  Les variations de valeur concernant les risques EUR-AAA doivent être mises à l'échelle avec un facteur de 75 %.
FX EUR/CHF	± 15 %	Variations de valeur provenant d'une variation du taux de change EUR/CHF de ± 15 %.	Nouveau calcul de toutes les positions avec un cours EUR/CHF supérieur/inférieur de 15 % par rapport au cours initial.
FX USD/CHF	± 20 %	Variations de valeur en cas de variation du taux de change USD/CHF de ± 20 %.	Similaire à « FX EUR/CHF »
FX GBP/CHF	± 20 %	Variations de valeur en cas de variation du taux de change GBP/CHF de ± 20 %.	Similaire à « FX EUR/CHF »
FX	± 20 %	Variations de valeur en cas de variation du taux de	Similaire à « FX EUR/CHF »

Description	Déviati $o$ n $h_i$	Signification	Détermination de la sensibilité
JPY/CHF		change JPY/CHF de $\pm 20$ %.	
Volatilité FX implicite	+ 100 % / - 0 % (relatif)	Effets sur la valeur des instruments financiers qui sont sensibles à une volatilité des taux de change, en cas de variation de la volatilité implicite de + 100 % / - 0 %.	Nouveau calcul des positions en cas de variation de + 100 % / - 0 % de la volatilité.
Actions Suisse EMU États-Unis Grande-Bretagne Japon	$\pm 20$ %	Variations de valeur en cas de modification des cours des actions de $\pm 20$ %.	Nouveau calcul des positions en cas de variation de 20 % du cours des actions/de l'indice.
Volatilité implicite des actions	+ 100 % / - 0 % (relatif)	Effet sur la valeur actuelle des instruments financiers qui sont sensibles à une volatilité des actions / indices d'actions, en cas de variation de la volatilité implicite de + 100 % / - 0 %.	Nouveau calcul des positions en cas de variation de + 100 % / - 0 % de la volatilité des actions.
<i>Hedge funds</i>	$\pm 20$ %	Variation de valeur en cas de modification des évaluations de <i>hedge funds</i> de $\pm 20$ %.	Nouveau calcul des positions en cas de variation de 20 % des évaluations de <i>hedge funds</i> .
<i>Private equity</i>	$\pm 30$ %	Variation de valeur en cas de modification des placements considérés comme « <i>private equity</i> » de $\pm 30$ %.	Nouveau calcul des positions en cas de variation de 30 % des cours du placement.
Immobilier résidentiel direct Suisse	$\pm 10$ %	Variation de valeur en cas de modification de l'indice immobilier de $\pm 10$ %.	Nouveau calcul des positions en cas de variation de 10 % des prix de l'immobilier et mise à l'échelle de la variation de valeur avec le facteur scalaire de l'immobilier résidentiel.
Fonds immobiliers Suisse	$\pm 10$ %	Variation de valeur en cas de modification du cours des fonds immobiliers de $\pm 10$ %.	Nouveau calcul des positions en cas de variation de 10 % des <i>cours</i> des fonds immobiliers.
Immobilier commercial direct Suisse	$\pm 10$ %	Variation de valeur en cas de modification de l'indice immobilier de $\pm 10$ %.	Nouveau calcul des positions en cas de variation de 10 % des <i>prix</i> de l'immobilier.
Participations	$\pm 10$ %	Variation de valeur en cas	Nouveau calcul des positions en cas de

Description	Déviati $o$ n $h_i$	Signification	Détermination de la sensibilité
		de modification des valeurs de participation de $\pm 10$ %.	variation de 10 % des <i>cours</i> de la participation.

Tableau 4 Signification des générateurs de risque de marché et détermination des sensibilités dans la méthode delta

## 5.5 Positions à considérer et règles de *mapping* dans la méthode delta

Description	Positions à considérer et règles de <i>mapping</i>
Taux d'intérêt	<p>Toutes les positions du bilan <i>fixed-income</i> sensibles aux taux d'intérêt au sens large, qui ne peuvent pas être purement répliquées par des flux de trésorerie nominaux (cf. chapitre 5.3), c.-à-d. en particulier</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Obligations convertibles</li> <li>▪ <i>Floating Rate Notes</i></li> </ul> <p>Les produits suivants sensibles aux taux d'intérêt et produits similaires doivent également être modélisés au moyen de la méthode delta</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ garanties du taux d'intérêt,</li> <li>▪ <i>swaps</i> de taux,</li> <li>▪ <i>caps/floors</i>,</li> <li>▪ <i>FX-swaps</i>.</li> </ul> <p>Les biens immobiliers ne doivent pas être considérés pour ce facteur de risque, mais via le facteur de risque séparé pour les biens immobiliers, cf. chapitre 5.3.</p> <p>Positions du bilan précitées dans des monnaies autres que CHF, EUR, USD et GBP :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Amérique du Nord et du Sud (Americas), Extrême-Orient et région Asie-Pacifique (Asia Pacific) : <i>mapping</i> sur taux d'intérêt USD,</li> <li>2) Europe, Proche-Orient, Afrique et États de la CEI (EMEACIS) : <i>mapping</i> sur taux d'intérêt EUR.</li> </ol>
Volatilité implicite des taux d'intérêt (modèle de Bachelier)	<p>Toutes les positions dont les valeurs réagissent au changement des volatilités (implicites) des taux d'intérêt comme :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Options sur les positions sensibles aux taux d'intérêt, par ex. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ obligations</li> <li>▪ hypothèques</li> <li>▪ <i>swaps</i> de taux</li> <li>▪ <i>forwards</i></li> </ul> </li> <li>• Options spécifiques ou intégrées sur taux d'intérêt, p. ex. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Caps / floors (caplet / floorlet)</i></li> <li>▪ <i>Collars</i></li> </ul> </li> <li>• <i>Swaptions</i></li> </ul>
<i>Spread</i> de crédit	<p>Tous les risques de <i>spread</i> résultant de créances découlant de dérivés sur risque de crédit et de créances comportant des risques de crédit découlant d'options implicites (liées à des instruments financiers négociables et liquides).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Concernant les <i>spreads swap government</i> :</li> </ul> <p>Il s'agit de toutes les positions des produits <i>swap</i> (par ex. <i>swaps</i> et <i>swaptions</i>) ; ces produits sont canoniquement modélisés via la méthode delta. Toutes les positions du bilan avec des flux de trésorerie nominaux dans le sens de la description fournie pour les facteurs de risque de taux au chapitre 5.3 doivent toutefois être modélisées selon le chapitre 5.3. Les autres explications relatives aux <i>spreads</i> au chapitre 5.3, s'appliquent ici par analogie.</p>
FX	Toutes les positions du bilan sauf :

Description	Positions à considérer et règles de <i>mapping</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>toutes positions du bilan <i>fixed-income</i> (y compris les flux de trésorerie des engagements d'assurance),</li> <li>toutes positions du bilan où le facteur de variation de prix est explicitement modélisé (comme les expositions aux actions et aux biens immobiliers),</li> <li>tous les <i>forwards</i> explicitement modélisés, qui présentent un risque de change.</li> </ul> <p>Les exemples sont les dérivés (sans les <i>forwards</i> explicitement modélisés) qui comportent une composante de monnaie étrangère correspondante (par ex. jambe EUR d'un FX-swap EUR/GBP). Les risques de change doivent être pris en compte par le biais de la méthode delta.</p> <p>En cas d'exposition à des monnaies pour lesquelles il n'existe pas de générateur de risque séparé, les explications au chapitre 5.3 s'appliquent par analogie.</p>
Volatilité FX implicite	Toutes les positions dont les valeurs réagissent au changement des volatilités FX implicites.
Actions	<p>Positions du bilan indirectement sensibles à certains cours d'actions ou à certains indices d'actions, à l'exception des <i>forwards</i> sur actions explicitement modélisés.</p> <p>Il faut tenir compte des dérivés correspondants, mais aussi des options implicites (par ex. en emprunts convertibles).</p> <p>L'effet sur les positions dans les propres titres d'actions ne doit pas être considéré, en revanche l'effet sur les dérivés libellés dans les propres titres (par ex. Lepos) doit être pris en compte.</p> <p>Les explications relatives à l'attribution géographique des expositions au chapitre 5.3 s'appliquent ici par analogie.</p>
Volatilité implicite des actions	Toutes les positions dont les valeurs réagissent au changement de la volatilité implicite des actions.
<i>Hedge funds</i>	Uniquement les éventuelles positions qui dépendent indirectement de <i>hedge funds</i> et qui ne correspondent pas à un <i>forward</i> explicitement modélisé. Autrement dit, les positions qui réagissent à des variations de l'indice des <i>hedge funds</i> et qui n'appartiennent pas aux expositions à modéliser directement, décrites au chapitre 5.3.
<i>Private equity</i>	Uniquement les éventuels placements qui ne dépendent qu'indirectement du <i>private equity</i> et qui ne correspondent pas à un <i>forward</i> explicitement modélisé. Autrement dit, les positions qui réagissent à des variations de l'indice du <i>private equity</i> et qui n'appartiennent pas aux expositions à modéliser directement, décrites au chapitre 5.3.
Immobilier résidentiel direct en Suisse	Uniquement les éventuelles positions qui ne dépendent qu'indirectement de l'immobilier résidentiel direct en Suisse et qui ne correspondent pas à un <i>forward</i> explicitement modélisé.
Fonds immobiliers Suisse	Uniquement les éventuelles positions qui ne dépendent qu'indirectement de fonds immobiliers et qui ne correspondent pas à un <i>forward</i> explicitement modélisé.
Immobilier commercial direct Suisse	Uniquement les éventuelles positions qui ne dépendent qu'indirectement de l'immobilier commercial direct en Suisse et qui ne correspondent pas à un <i>forward</i> explicitement modélisé.

Description	Positions à considérer et règles de <i>mapping</i>
Participations	Uniquement les éventuelles positions qui ne dépendent qu'indirectement des participations.

Tableau 5 Positions à considérer et règles de *mapping* dans la méthode delta

## 5.6 Estimation des volatilités et de la matrice de corrélation

### 5.6.1 Méthodologie

Dans le modèle standard SST pour les risques de marché, on part de l'hypothèse que les variations des facteurs de risque suivent une loi normale multivariée. La distribution normale se définit intégralement par le vecteur de moyennes  $\mu$  et la matrice de covariance  $\Sigma$ , où le vecteur de moyennes  $\mu$  est fixé à zéro dans le modèle standard SST pour les risques de marché (cf. chapitre 4).

Les volatilités et les corrélations des variations des facteurs de risque sont déterminées sur la base des rendements mensuels à partir de mai 2005.<sup>12</sup> Le choix de la période et de la fréquence des données est le fruit d'un compromis. D'une part, il faut utiliser des séries temporelles aussi longues que possible afin de garantir que les estimateurs sont cohérents / stables et qu'au moins un cycle économique est couvert. D'autre part, il faut également tenir compte du fait que les séries temporelles ont des dates de début différentes et sont actualisées à des dates différentes. (Voir le chapitre 5.7 pour la description des séries temporelles utilisées de Bloomberg et d'autres sources avec la période disponible et la fréquence).

#### Transformation des données : taux d'intérêt et *spreads*

Dans le modèle standard SST pour les risques de marché, les taux d'intérêt et les *spreads* sont utilisés sur la base d'une capitalisation continue, car sinon l'*expected shortfall* ne serait pas défini pour la distribution normale multivariée sous-jacente. Étant donné que les taux d'intérêt et les *spreads* décrits dans les sources de données au chapitre 5.7 sont publiés par rapport à une convention d'intérêts annuelle, ils doivent d'abord être transformés pour l'estimation de la matrice de corrélation et des volatilités. Pour la convention de composition d'intérêts annuelle utilisée autrefois, cela signifie implicitement que les intérêts ne sont plus distribués selon une loi normale, mais selon une loi log-normale translatée.

Nous l'illustrons par un exemple générique. Supposons que  $\hat{R}$  soit le taux d'intérêt publié par le fournisseur de données en nombre absolu et  $\hat{S}$  le *spread* pour une durée  $T$ . Pour la reformulation équivalente, nous nous assurons que les facteurs d'actualisation à la hausse ou à la baisse demeurent inchangés. Soient  $R$  et de  $S$  les valeurs correspondantes avec une composition d'intérêts continue, nous obtenons

$$(1 + \hat{R})^T = e^{R \cdot T}, \quad (1 + \hat{R} + \hat{S})^T = e^{(R+S) \cdot T},$$

<sup>12</sup> En revanche, l'indice de performance du SWX IAZI Investment Real Estate n'est disponible que sur une base trimestrielle. Il n'est utilisé que pour le facteur scalaire de volatilité de l'immobilier résidentiel.

et donc

$$R = \ln(1 + \hat{R}), \quad S = \ln(1 + \hat{R} + \hat{S}) - R.$$

Des informations sur la base de données utilisée figurent au chapitre 5.7.

### Estimation des volatilités et de la matrice de corrélation

Supposons à présent que les incréments des facteurs de risque ( $\Delta RF$ ) soient organisés dans une matrice de dimension  $(n \times d)$ , où  $n$  représente le nombre d'observations et  $d$  le nombre de facteurs de risque pris en compte. Compte tenu du chapitre 5, la matrice de données est donc constituée de 39 colonnes dans le modèle standard SST pour le risque de marché. Selon que le générateur de risque est jugé distribué selon une loi normale (par ex. taux d'intérêt et *spreads*) ou distribué selon une loi log-normale (par ex. monnaies, indices d'actions ou immobiliers), les colonnes contiennent la variation du générateur de risque  $j$  ( $\Delta RF_{i,j} = RT_{i,j} - RT_{i-1,j}$ ) ou la variation logarithmique  $\Delta RF_{i,j} = \ln(RT_{i,j}/RT_{i-1,j})$ , où  $i$  correspond aux observations  $1, \dots, n$ .

L'estimateur standard (non-biaisé) utilisé pour  $\Sigma$  est défini par :

$$S = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(X_i - \bar{X})^t, \quad \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i.$$

où  $X_i$  est le  $i^{\text{e}}$  vecteur ligne de la matrice de données décrite ci-dessus.

Il existe la relation suivante entre la matrice de covariance  $\Sigma$  et la matrice de corrélation  $P$  :

$$\Sigma = \Delta P \Delta,$$

où  $\Delta$  désigne la matrice diagonale composée des écarts-types (volatilités) des variations des facteurs de risque comme éléments diagonaux, soit

$$\Delta = \begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & \ddots & & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & \dots & 0 & \sigma_d \end{bmatrix}.$$

On obtient directement un estimateur  $R = (r_{jk})_{1 \leq j, k \leq d}$  de la matrice de corrélation  $P$  de l'estimateur  $S = (s_{jk})_{1 \leq j, k \leq d}$  de la matrice de covariance  $\Sigma$ . L'élément de la ligne  $j$  et de la colonne  $k$  est donné par le coefficient de corrélation de Pearson

$$r_{jk} = \frac{s_{jk}}{\sqrt{s_{jj}s_{kk}}},$$

où  $s_{jj}$  représente un estimateur pour la variance  $\sigma_j^2$  du  $j^{\text{e}}$  facteur de risque et où  $\sqrt{s_{jj}}$  représente un estimateur pour l'écart-type  $\sigma_j$  du  $j^{\text{e}}$  facteur de risque.

L'horizon temporel du SST étant d'une année, des écarts types (volatilités) annualisés doivent être utilisés. Dans le cas de données mensuelles, on les obtient en multipliant les volatilités des données mensuelles par la racine carrée du nombre de mois par année.

$$\sigma_{\text{Jahr}} = \sqrt{12}\sigma_{\text{Monat}}$$

Dans le cas de données trimestrielles, par exemple l'indice de l'immobilier résidentiel, la volatilité annualisée est obtenue à partir de la volatilité trimestrielle multipliée par la racine carrée du nombre de trimestres par année :

$$\sigma_{\text{Jahr}} = \sqrt{4}\sigma_{\text{Quartal}}$$

Le coefficient de corrélation est indépendant de la fréquence des données observées et ne doit donc pas être annualisé.

### Matrice de corrélation définie positive

La matrice de corrélation  $R$  calculée au moyen de l'estimateur déterminé ci-avant n'est éventuellement pas définie positive, car le modèle standard SST pour le risque de marché contient des facteurs de risque qui sont fortement corrélés entre eux.

Une méthode pragmatique<sup>13</sup> permettant d'obtenir une matrice définie positive à partir de l'estimation initiale est la suivante. La matrice de corrélation estimée  $R$  présente les valeurs propres  $\lambda_1, \dots, \lambda_d$  et les vecteurs (orthogonaux) propres  $v_1, v_2, \dots, v_d$  ;  $\Lambda$  désigne la matrice  $d \times d$ , qui présente les valeurs propres  $\lambda_1, \dots, \lambda_d$  sur les diagonales principales et sinon 0 ;  $V$  désigne la matrice  $d \times d$ , dont la  $i$ -ème colonne est définie par le  $i$ -ème vecteur propre  $v_i$ . On obtient alors

$$R = V\Lambda V^t.$$

Si la matrice de corrélation estimée  $R$  n'est pas définie positive, il y a  $m \geq 1$  valeurs propres ne sont pas positives. Nous désignons ces valeurs propres par  $\lambda_{i_1}, \lambda_{i_2}, \dots, \lambda_{i_m}$ , où  $I = \{i_1, i_2, \dots, i_m\}$  désigne l'ensemble des indices entre 1 et  $d$  correspondant aux valeurs propres négatives.

Nous définissons maintenant une nouvelle matrice  $\tilde{\Lambda}$ , où, à partir de  $\Lambda$ , nous remplaçons les valeurs propres négatives par respectivement le minimum de  $10^{-5}$  et de la valeur propre multipliée par  $(-1)$

$$\tilde{\lambda}_i = \begin{cases} \lambda_i, & i \notin I \\ \min(-\lambda_i, 10^{-5}) & i \in I \end{cases}.$$

Il en résulte une nouvelle matrice définie positive au moyen de

<sup>13</sup> Il s'agit d'une variante de la méthode proposée par Rebonato et Jäckel. Riccardo Rebonato and Peter Jäckel. The Most General Methodology to Create a Valid Correlation Matrix for Risk Management and Option Pricing Purposes. Journal of Risk, 2(2), Winter 1999/2000, 17-28.

$$\tilde{R} = V\tilde{\Lambda}V^t.$$

La matrice de corrélation  $\tilde{R}$  ainsi obtenue ne comporte généralement pas que des uns sur les diagonales. Pour obtenir une matrice de corrélation, il faut procéder à la transformation suivante des éléments de la matrice  $\tilde{R}$  :

$$r_{jk} \mapsto \frac{r_{jk}}{\sqrt{r_{jj}r_{kk}}}.$$

## 5.6.2 Changement de la monnaie du SST

Pour les monnaies prises en compte dans le modèle standard SST pour le risque de marché (EUR, USD, GBP et JPY), il est possible d'effectuer les calculs du SST dans l'une de ces monnaies, sans que des ajustements dans les volatilités et la matrice de corrélation mises à disposition par la FINMA ne soient nécessaires. Nous décrivons ci-après les hypothèses et les transformations sur lesquelles se fondent les calculs.

### Généralités

Nous désignons le taux de change  $RT_{t,FX_{A/B}}$  de la monnaie A par rapport à la monnaie B à la date  $t \geq 0$  par  $FX_t^{A/B}$ .

L'équation suivante s'applique pour les taux de change  $FX_t^{A/B}$ ,  $FX_t^{A/C}$  und  $FX_t^{B/C}$ , sur la base d'un argument *no-Arbitrage* supposé ici :

$$FX_t^{A/B} = \frac{FX_t^{A/C}}{FX_t^{B/C}}.$$

Autrement dit, la monnaie  $FX_t^{A/B}$  peut être déterminée sur la base des monnaies  $FX_t^{A/C}$  et  $FX_t^{B/C}$  (cours croisé).

De la définition du rendement logarithmique à un an (c.-à-d. des incréments logarithmiques)

$$\Delta RF_{1,FX_{A/B}} = \ln(FX_1^{A/B}) - \ln(FX_0^{A/B}) =: \Delta FX^{A/B}$$

on obtient alors en insérant  $FX_t^{A/B} = \frac{FX_t^{A/C}}{FX_t^{B/C}}$

$$\Delta FX^{A/B} = \ln\left(\frac{FX_1^{A/C}}{FX_1^{B/C}}\right) - \ln\left(\frac{FX_0^{A/C}}{FX_0^{B/C}}\right) = (\ln(FX_1^{A/C}) - \ln(FX_0^{A/C})) - (\ln(FX_1^{B/C}) - \ln(FX_0^{B/C}))$$

et donc

$$\Delta FX^{A/B} = \Delta FX^{A/C} - \Delta FX^{B/C}.$$

Étant donné que le taux de change  $FX_t^{A/B}$  représente le rapport d'échange entre la monnaie A et la monnaie B, on obtient également

$$FX_t^{A/B} = \frac{1}{FX_t^{B/A}}$$

et pour le rendement exprimé sous forme de logarithmes

$$\Delta FX^{A/B} = \ln(1/FX_1^{B/A}) - \ln(1/FX_0^{B/A}) = -\Delta FX^{B/A}.$$

### Détermination de la matrice de covariance transformée

Les transformations décrites ci-dessus peuvent être représentées comme suit sous forme de matrice, si l'USD a par exemple été choisi comme monnaie de référence :

$$\begin{pmatrix} \Delta FX^{EUR/USD} \\ \Delta FX^{CHF/USD} \\ \Delta FX^{GBP/USD} \\ \Delta FX^{JPY/USD} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta FX^{EUR/CHF} - \Delta FX^{USD/CHF} \\ -\Delta FX^{USD/CHF} \\ \Delta FX^{GBP/CHF} - \Delta FX^{USD/CHF} \\ \Delta FX^{JPY/CHF} - \Delta FX^{USD/CHF} \end{pmatrix} = \underbrace{\begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}}_{=:T} \cdot \begin{pmatrix} \Delta FX^{EUR/CHF} \\ \Delta FX^{USD/CHF} \\ \Delta FX^{GBP/CHF} \\ \Delta FX^{JPY/CHF} \end{pmatrix}.$$

Nous transformons à présent tous les 39 facteurs de risque qui sont utilisés pour déterminer les volatilités et la matrice de corrélation et en déduisons la répartition des facteurs de risque transformés.

Soit  $R = \Delta RF_1 \in \mathbb{R}^{39}$  le vecteur des incréments des 39 facteurs de risque.

Nous désignons par  $W$  une matrice (39 x 39), qui est égale à la matrice d'identité  $I$ , sauf dans le domaine des taux de change. Pour ce domaine, la matrice  $W$  correspond à la matrice  $T$  :

$$W = \begin{pmatrix} I & 0 & 0 \\ 0 & T & 0 \\ 0 & 0 & I \end{pmatrix}$$

Le vecteur transformé des incréments des facteurs de risque  $\tilde{R}$  est obtenu par

$$\tilde{R} := W \cdot R.$$

Dans le modèle standard SST pour le risque de marché, on suppose que  $R \sim N(0, \Sigma)$ , avec la matrice de covariance  $\Sigma$ .

Ainsi on obtient  $\tilde{R} \sim N(0, W \cdot \Sigma \cdot W^t)$ .

Pour les autres monnaies du SST qui sont prises en compte dans le modèle standard SST pour le risque de marché (EUR, GBP et JPY), on peut procéder par analogie.

## 5.7 Description de la base de données

Générateurs de risque modélisés	Description	Source de données / Ticker Bloomberg	Fréquence	Date de début
Taux d'intérêt CHF (zero rates)	Proxy 2 A Taux d'intérêt à court terme Proxy 10 A Taux d'intérêt à moyen terme Proxy 30 A Taux d'intérêt à long terme	Données BNS <sup>14</sup>	Quotidienne	1995
Taux d'intérêt EUR (zero rates)	Proxy 2 A Taux d'intérêt à court terme Proxy 10 A Taux d'intérêt à moyen terme Proxy 30 A Taux d'intérêt à long terme	G0013Z 2Y BLC2 Curncy G0013Z 10Y BLC2 Curncy G0013Z 30Y BLC2 Curncy	Quotidienne	1995
Taux d'intérêt USD (zero rates)	Proxy 2 A Taux d'intérêt à court terme Proxy 10 A Taux d'intérêt à moyen terme Proxy 30 A Taux d'intérêt à long terme	G0025Z 2Y BLC2 Curncy G0025Z 10Y BLC2 Curncy G0025Z 30Y BLC2 Curncy	Quotidienne	1995
Taux d'intérêt GPB (zero rates)	Proxy 2 A Taux d'intérêt à court terme Proxy 10 A Taux d'intérêt à moyen terme Proxy 30 A Taux d'intérêt à long terme	G0022Z 2Y BLC2 Curncy G0022Z 10Y BLC2 Curncy G0022Z 30Y BLC2 Curncy	Quotidienne	1995
Volatilité implicite des taux d'intérêt	10-10 implied Volas USD « normal »	USSN1010 Curncy	Quotidienne	À partir de mai 2005
<i>Credit Spread</i> USA AAA, AA, A, BBB	Moody's Index moins emprunts d'État américains à 30 ans ( <i>Treasury</i> )	MOODCAA Index - GT30 GOVT, MOODCAA Index - GT30 GOVT, MOODCA Index - GT30 GOVT, MOODCBAA Index - GT30 GOVT	Quotidienne	AAA et BBB à partir de 1983, Reste à partir du 24.12.1992
<i>Credit Spread</i> USA BB:	Différence du Bloomberg Fair Market Curve BB à dix ans par rapport au proxy de la FINMA	C88410Y Index - G0025Z 10Y BLC2 Curncy	Quotidienne	À partir de novembre 2002

<sup>14</sup> L'historique des données est publié sur le site Internet de la FINMA (fichier Excel *SST Inputdaten.xlsx*)

Générateurs de risque modélisés	Description	Source de données / Ticker Bloomberg	Fréquence	Date de début
	à dix ans pour les taux d'intérêt sans risque libellés en USD.			
<i>Credit spread</i> Europe : AA, A, BBB	Différence du Bloomberg Fair Market Curve à dix ans correspondant à la notation par rapport au proxy de la FINMA à dix ans pour les taux d'intérêt sans risque à dix ans libellés en EUR.	AA: C66710Y Index - G0013Z 10Y BLC2 Curncy A: C67010Y Index - G0013Z 10Y BLC2 Curncy BBB: C67310Y Index - G0013Z 10Y BLC2 Curncy	Quotidienne	À partir de 2002 (BBB à partir de mai 2000)
<i>Credit Spread</i> EUGO_Spread	Différence entre les taux d'intérêt à 10 ans des pays EUR, toutes notations confondues, et ceux des pays EUR notés AAA.	EZB Statistical Data Warehouse : sdw.ecb.europa.eu > Full Content > YC Financial Market – yield curves	Quotidienne	À partir de septembre 2004
CH_CANT_Spread	Différence entre les taux d'intérêt à 8 ans des cantons et ceux de la Confédération.	Portail de données de la BNS : data.snb.ch > Tableaux > Taux d'intérêt, rendements et marché des changes > Rendements d'obligations	Quotidienne	2001 (quotidienne depuis juin)
CH_CORP_Spread	Différence entre les taux d'intérêt à 8 ans des entreprises industrielles suisses, y compris les centrales électriques et le commerce, et ceux de la Confédération.	Portail de données de la BNS : data.snb.ch > Tableaux > Taux d'intérêt, rendements et marché des changes > Rendements d'obligations	Quotidienne	2001 (quotidienne depuis juin)
<i>Swap Government Spread</i>	Différence des swaps en USD à dix ans par rapport aux gov't en USD à dix ans	USOSFR10 Curncy – G0025Z 10Y BLC2 Curncy à partir du 1.1.2007. Avant : I05210Y Index mis à l'échelle avec le facteur 0.947563 – G0025Z 10Y BLC2	Quotidienne	Pour USOSFR10 Curncy à partir du 1.1.2007, sinon à partir de 1995

Générateurs de risque modélisés	Description	Source de données / Ticker Bloomberg	Fréquence	Date de début
Curncy				
Devises	EUR/CHF	SFEC Curncy	Quotidienne	1980
	USD/CHF	SFUS Curncy		
	GPB/CHF	SFBP Curncy		
	JPY/CHF	SFJY Curncy		
Volatilité FX implicite	USD/CHF ATM à 3 mois Options	USDCHFV3M Curncy	Quotidienne	Avril 1995
Actions :	MSCI Total Return Indices :		Mensuelle	1970
Suisse	Suisse	GDDL SZ Index		
EMU	EMU	GDDLEMU Index		
États-Unis	États-Unis	GDDLUS Index		
Grande-Bretagne	Royaume-Uni	GDDLUK Index		
Japon	Japon	GDDLJN Index		
Volatilité implicite des actions	VIX	VIX Index	Quotidienne	1994
<i>Hedge funds</i>	HFRI Fund of Funds Composite Index	BHEDGE Index après le 31.12.2013, avant cette date : HFRIFOF Index mis à l'échelle avec 0.182048977	Mensuelle	À partir de début 1990
<i>Private equity</i>	LPX Direct Index	LPXIDITR Index	Quotidienne	À partir de début 1999
Immobilier en Suisse	Indice immobilier de Rüd Blass	DBCHREE Index	Mensuelle	1990, quotidienne à partir du 31.07.2002

Tableau 6 Description de la base de données

Séries temporelles utilisées pour la mise à l'échelle		Source de données / Ticker Bloomberg	Fréquence	Date de début
Pour l'immobilier résidentiel, la volatilité de l'indice immobilier de Rüd Blass est mise à l'échelle au niveau de celle de l'indice CIFI	Indice de performance du SWX IAZI Investment Real Estate	IREALC Index	Trimestrielle (des données à partir du 2 <sup>e</sup> trimestre 2005 sont utilisées)	1986

Tableau 7 Séries temporelles utilisées pour la mise à l'échelle

*Remarques :*

- Les fréquences et dates de début mentionnées ici se réfèrent à la disponibilité des données et non à leur utilisation. Dans le modèle standard SST pour les risques de marché, des données à fréquence mensuelle sont utilisées pour l'estimation de la matrice de corrélation et des volatilités des générateurs de risque modélisés. L'historique utilisé remonte au 31 mai 2005. En cas de fréquence mensuelle, certaines valeurs mensuelles moyennes sont publiées sur Bloomberg. Il faut veiller à bien reprendre les valeurs de fin de mois. Les données à partir du 2<sup>e</sup> trimestre 2005 doivent être utilisées pour les données trimestrielles.
- Moody's publie des séries temporelles quotidiennes et mensuelles pour les rendements sur les emprunts d'entreprises aux États-Unis concernant différentes classes de notation. Moody's calcule les rendements des emprunts d'entreprise sur les portefeuilles présentant une durée résiduelle de 30 ans. Les rendements d'emprunts d'État avec une durée résiduelle de 30 ans sont donc utilisés. Dans le cas d'une fréquence mensuelle, les données de Bloomberg relatives aux indices Moody's ne correspondent pas aux valeurs en fin de mois, mais aux valeurs mensuelles moyennes. En conséquence, pour le calcul des valeurs en fin de mois des spreads reposant sur les indices Moody's, on détermine la dernière valeur de chaque mois à partir des valeurs quotidiennes, diminuées du rendement correspondant des titres d'État.
- *Hedge funds* : puisque le proxy HFRIFOF utilisé jusqu'à présent n'est plus disponible avec une licence Bloomberg générale, il est remplacé par le BHEDGE Index, un indice propriétaire de Bloomberg, pour les données postérieures au 31 décembre 2013 ; cela signifie que les rendements logarithmiques sont accolés, autrement dit les séries temporelles sont mises à l'échelle pour correspondre entre-elles. L'estimation de la volatilité sur la base de séries temporelles historiques pour les indices de *hedge funds* conduit à une sous-estimation de la volatilité, car le biais du survivant ou les effets de lissages implicitement reflétés dans l'évaluation ne sont pas pris en compte. Pour cette raison, la volatilité estimée du proxy HFRIFOF est doublée dans le modèle standard SST pour les risques de marché.
- Les proxies prescrits par la FINMA peuvent être remplacés par les propres proxies pour les générateurs de risque suivants, dans le sens de la possibilité d'ajustement offerte par le Cm 106 de la Circ.-FINMA 2017/3 « SST ».
  - volatilité implicite des taux d'intérêt,
  - *hedge funds*,
  - *private equity*.

Les exigences suivantes s'appliquent :

- La série temporelle choisie est adéquate comme proxy pour le générateur de risque.
- Pour l'estimation des volatilités et de la matrice de corrélation, les procédures décrites dans ce document au chapitre 5.6 doivent être utilisées.
- La volatilité estimée en interne doit être doublée pour les *hedge funds* et le *private equity*. Demeurent exclus les *proxies* des placements en *private equity* reposant sur des transactions liquides. La FINMA part du principe qu'une modélisation de la volatilité fondée sur l'historique observable du portefeuille de *hedge funds* ou de *private equity* d'une entreprise d'assurance (ou des indices en tant que proxy) conduit à sous-estimer le risque de ces investissements, par exemple à cause du biais du survivant ou des effets de lissages implicitement reflétés dans l'évaluation. Il faut en tenir compte lors du paramétrage.

L'entreprise d'assurance doit expliquer l'adéquation des proxies utilisés et leur emploi dans le rapport SST.

- Le proxy pour le générateur de risque « Swap Government Spread » est remplacé à cause de la disparition du LIBOR. En raison de la longueur des séries temporelles disponibles, ce sont les USD SOFR-Swaps qui serviront de source de données. Toutefois, comme ces séries ne débutent qu'au début de l'année 2007, les données manquantes sont établies à partir des taux swap LIBOR USD. Pour éviter d'introduire de la volatilité artificielle à la date de transition, les taux LIBOR sont mis à l'échelle pour correspondre à ceux des swaps SOFR au 1<sup>er</sup> janvier 2007. Les séries temporelles utilisées sont les suivantes : pour les swaps SOFR : USOSFR10 Curncy, pour les swaps LIBOR : I05210Y Index, et pour les taux d'intérêt *govt* de même que pour les taux d'intérêt 10Y USD dans le modèle standard : G0025Z 10Y BLC2 Curncy. Le facteur d'échelle pour les taux d'intérêt LIBOR est de 0,947563.
- Le proxy pour le générateur de risque relatif à la volatilité implicite des taux d'intérêt avait pour base le LIBOR. Depuis le 21 juillet 2023, il est défini en tant que proxy basé sur le *liquid risk-free rate RFR option market*.

## 6 Remarques concernant le fichier *SST-Template.xlsx*

### 6.1 Informations dans le fichier *SST-Template.xlsx*

La structure du fichier *SST-Template.xlsx* reflète l'idée de base du modèle standard SST pour le risque de marché : les feuilles *Fixed Income*, *Asset Prices*, *Forwards* et *Insurance Cashflows* sont prévues pour les positions du bilan, pour lesquelles des fonctions d'évaluation exactes ont été indiquées. La feuille *Delta Terms* est en revanche destinée aux positions du bilan, modélisées par le biais de la méthode delta.

Le tableau suivant donne un aperçu des informations à inscrire dans les différentes feuilles du fichier Excel.

Feuille	Informations à inscrire
<i>Fixed Income</i>	Flux de trésorerie non escomptés des obligations, hypothèques à taux fixe, crédits à revenu fixe et prêts à durée fixe en mio. dans la monnaie d'origine. La valeur conforme au marché (observée ou en tant que valeur <i>market-to-model</i> ) de l'exposition globale par monnaie et par notation doit être indiquée dans la colonne Valeur de marché totale.
<i>Asset Prices</i>	Expositions des actions, de l'immobilier, des fonds immobiliers, des <i>hedge funds</i> , du <i>private equity</i> évaluées de manière conforme au marché en mio. dans la monnaie d'origine et exposition des participations (immatérielles) évaluée de manière conforme au marché en mio. dans la monnaie SST.
<i>Forwards</i>	Données pour les <i>forwards</i> sur prix (contrats à terme pour actifs dépendant du prix) et <i>forwards</i> sur devises (transactions à

	terme sur devises)
<i>Insurance Cashflows</i>	Flux de trésorerie des engagements d'assurance, TVOG ou rentes LAA et prestations à long terme non compris, en mio. dans la monnaie d'origine
<i>Delta Terms</i>	Les sensibilités delta selon le chapitre 5.5 doivent être analysées et inscrites en mio. dans la monnaie SST pour tous les instruments qui ne sont pas modélisés à l'aide de fonctions d'évaluation exactes.

Tableau 8 Informations pour les feuilles consacrées au risque de marché dans le fichier *SST-Template.xlsx*

## 6.2 Ajustements du fichier *SST-Template.xlsx* pour la prise en compte des facteurs de risque supplémentaires

Si nécessaire, la FINMA peut approuver des facteurs de risque supplémentaires en guise d'adaptation spécifique à l'entreprise. Le *sstCalculation* peut également être utilisé dans ces cas, toutefois le fichier *SST-Template.xlsx* doit être adapté comme suit :

- 1) Prise en compte des facteurs de risque supplémentaires dans les feuilles *Fixed Income*, *Asset Prices*, *Forwards*, *Insurance Cashflows* et *Delta Terms* ainsi que *Expected Financial Result* et ce en fonction des facteurs de risque supplémentaires devant être pris en compte.
- 2) Dans la feuille *Market (Dynamic)* : Les volatilités des facteurs de risque supplémentaires doivent être indiquées dans le tableau *Volatilities*. La nouvelle matrice de corrélation doit être complétée par les facteurs de risque supplémentaires dans le tableau *Correlation matrix*. L'ordre des facteurs de risque dans les deux tableaux doit être le même.
- 3) Dans la feuille *Market (Static)*, le tableau doit être complété avec les informations sur les facteurs de risque supplémentaires. Les mêmes Short Cuts doivent être utilisés dans la colonne Label pour les facteurs de risque nouvellement pris en compte dans la feuille *Asset Prices*. Le Short Cut du facteur de risque doit être indiqué dans la colonne Original RF. Les Short Cuts utilisés pour les facteurs de risque de la FINMA figurent par ex. dans la feuille *Market (Dynamic)*, tableau *Volatilities*. Il faut indiquer dans la colonne *Original RF Indicator* si des propres proxies sont pris en compte pour le facteur de risque supplémentaire respectif. C'est le cas lorsque la matrice de corrélation est complétée par les facteurs de risque respectifs. La catégorie doit être indiquée selon la liste déroulante dans la colonne *Groupes (standalones)*. Ces informations sont utilisées pour grouper les résultats pour le risque de marché dans les différentes catégories individuelles (cf. à ce sujet par ex. le FDS, partie Risque de marché).
- 4) Dans la feuille *Macroeconomic Scenarios*, la déviation des facteurs de risques supplémentaires pris en compte doit être indiquée pour tous les scénarios.

Exemple : la FINMA a approuvé l'utilisation du facteur de risque Or à l'entreprise d'assurance en guise d'adaptation spécifique à l'entreprise. Les adaptations suivantes doivent être réalisées dans le fichier *SST-Template.xlsx*.

- 1) Feuille *Asset Prices* : ligne supplémentaire avec 1) *Short cut* : or ; 2) Genre : or (optionnel) ; 3) *Monnaie* : USD ; 4) *Exposure en mio.* : valeur de l'exposition
- 2) Feuille *Delta Terms* : ligne supplémentaire avec 1) *short cut* : or ; 2) *facteur de risques* : or (optionnel) ; 3) Unit : %, 4) déviation vers le haut : par exemple 10 %, 5) déviation vers le bas : par exemple -10 %, 6) remplissage des cellules couleur saumon concernant l'exposition, 7) impact : reprise de la formule existante
- 3) Feuille *Expected Financial Result* : ligne supplémentaire avec 1) Type d'actif : *investissement dans l'or* (optionnel); 2) Rendement attendu : le rendement attendu en sus de la rémunération sans risque en %.
- 4) Feuille *Market (Dynamic)* :
  - *Table Volatilities* : ligne supplémentaire avec 1) *Short cut* : or ; 2) *Risk factor* : or (optionnel) ; 3) *Volatility* : volatilité en %
  - *Table Correlation matrix* : nouvelle matrice de corrélation, y compris le facteur de risque Or, avec indication du Short cut : or
- 5) Feuille *Market (Static)* : ligne supplémentaire avec 1) Risk factor Id : RF 73 ; 2) Type : asset price ; 3) Currency : USD; 4) Label : or (motivation : reprise du Short cut, car défini dans la feuille Asset Prices et donc du type asset price) ; 5) Target currency : pas pertinent ; 6) Time to maturity : pas pertinent ; 7) Rating : pas pertinent ; 8) Description : pas pertinent ; 9) Original RF : or (conformément au Short cut), 10) Scale factor : 1 (motivation : le facteur de risque n'est pas mis à l'échelle) ; 11) Original RF indicator : Yes (motivation : le facteur de risque est contenu dans la matrice de corrélation) ; 12) Groupes (standalones) : other (motivation : le risque de marché du facteur de risque Or doit être indiqué dans la catégorie Risque de marché autres du FDS).
- 6) Feuille *Macroeconomic Scenarios* : ligne supplémentaire avec Short cut et variation en % pour les scénarios.

Les indications optionnelles sont des indications qui ne sont pas lues par le *SST-Dashboard* ou par le *sstCalculation*.

### 6.3 Scénarios macroéconomiques et scénarios mixtes

La description technique « Scénarios » spécifie les scénarios macroéconomiques et des scénarios mixtes dans le cadre du SST. Le *sstCalculation* calcule automatiquement l'impact des scénarios macroéconomiques et de la partie « risques de marché » des scénarios mixtes.

La feuille de calcul *Macroeconomic Scenarios* détaille les chocs prescrits des scénarios macroéconomiques et des scénarios mixtes par générateur de risque selon le chapitre 5.1. Ces chocs sont transformés dans la « bonne dimension » pour  $i = n_1 + 1, \dots, n_2$  grâce à une transformation logarithmique  $x \mapsto \log(1 + x)$ , de manière à pouvoir utiliser les fonction d'évaluation. Toutes les fonctions d'évalua-

tion décrites dans le chapitre 3 sont ensuite appliquées à ces chocs (après application de la transformation), les termes de normalisation des fonctions d'évaluation étant mis à zéro. Il en résulte des positions du bilan stressées conformément aux scénarios macroéconomiques, si l'on sait que le scénario respectif se produit. La somme des différences par rapport aux valeurs initiales du bilan constitue l'impact du scénario.

La contribution de la partie « risques d'assurance » des scénarios mixtes doit être évaluée séparément et inscrite dans la feuille de calcul *Scenarios*. La contribution totale des scénarios mixtes est ensuite calculée en tant que somme de la partie « risques d'assurance » et de la partie « risques de marché ».

*Remarque* : conformément à la logique du modèle, le choc pour l'immobilier résidentiel n'est pas spécifié séparément, mais ressort de la mise à l'échelle du choc pour les fonds immobiliers.

## 7 Liste des modifications apportées à ce document

### Modifications au 31 octobre 2021

- (1) Chapitre 5.7 : le proxy pour le générateur de risque *Swap Government Spread* est remplacé en raison de la disparition du LIBOR.

### Modifications au 31 octobre 2023

- (2) Chapitres 2.1, 2.2 et 3.2 : les définitions du capital porteur de risque (RBC) et du capital cible (TC) sont remaniées en raison de l'entrée en vigueur au 1<sup>er</sup> janvier 2024 des versions révisées de la LSA et de l'OS. Concernant le calcul du capital cible *TC*, il est renvoyé aux simplifications décrites au chapitre 3 de la Description technique du modèle standard SST pour l'agrégation et le montant minimum du 31 octobre 2023.
- (3) Chapitre 5.7 : le proxy pour le générateur de risque *hedge funds* est remplacé, car le proxy utilisé jusqu'à présent n'est plus disponible avec une licence Bloomberg générale. Le proxy pour le générateur de risque pour la volatilité implicite des taux d'intérêt avait pour base le LIBOR. Depuis le 21 juillet 2023, il est déterminé au moyen d'une nouvelle référence de données.