



WE'LL TAKE YOU FURTHER



Design de modèles actuariels par les graphes

13 décembre 2018

Marielle de la Salle et Thomas Bourdin

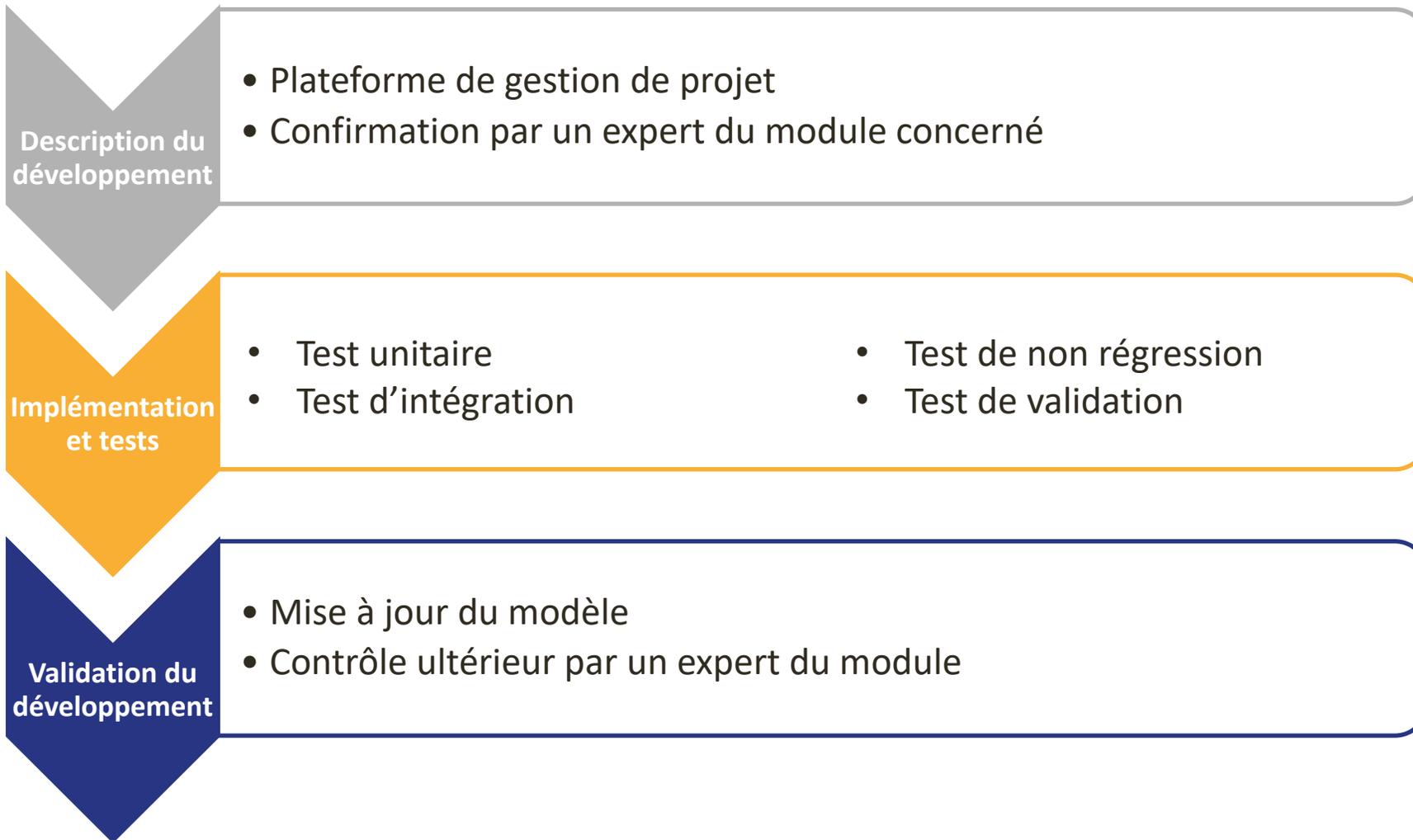
➤ Contexte

- ▶ Périmètre : Modèles réglementaires et d'aide à la décision
- ▶ Instabilité des modèles liée aux évolutions exogènes et endogènes des organismes
- ▶ Le design de modèles



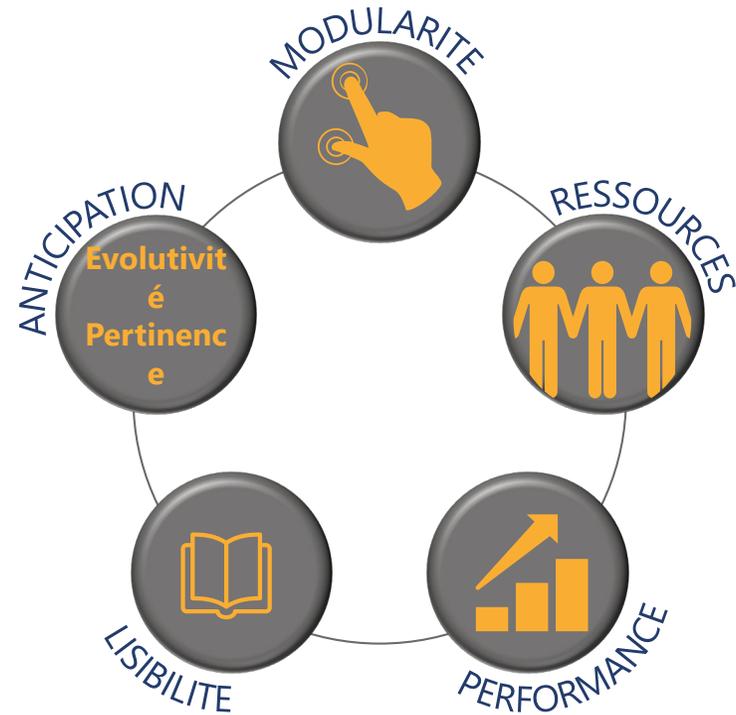
➤ Rationaliser la modélisation actuarielle

Process d'évolution des modèles



➤ Rationaliser la modélisation actuarielle

Les enjeux du designer



➤ Cartographie informatique des modèles actuariels

Principes et applications de la théorie des graphes

- Données à disposition : dépendances informatiques issues du modèle

Cotisations.Cotisations_versees Formula editor

Instance: ROOT

Variables declaration: 1

Formula: 1 Result:=Cotisations.Cotisation_moyenne
2 * Cotisations.Chronique cotisants.Nombre cotisants[P];

OBJECT	DEF
MODEL.Cotisations.Cotisations.Cotisations_versees	MODEL.Cotisations.Cotisations.Chronique_cotisants.Nombre_cotisants
MODEL.Cotisations.Cotisations.Cotisations_versees	MODEL.Cotisations.Cotisations.Cotisation_moyenne
MODEL.Cotisations.Cotisations.Commissions	MODEL.Cotisations.Cotisations.Cotisations_versees
MODEL.Cotisations.Cotisations.Commissions	MODEL.Cotisations.Cotisations.Taux_commission
MODEL.Cotisations.Cotisations.Chargements	MODEL.Cotisations.Cotisations.Cotisations_versees
MODEL.Cotisations.Cotisations.Chargements	MODEL.Cotisations.Cotisations.Taux_Chargement
MODEL.Cotisations.Cotisations.Prime_pure	MODEL.Cotisations.Cotisations.Chargements
MODEL.Cotisations.Cotisations.Prime_pure	MODEL.Cotisations.Cotisations.Commissions
MODEL.Cotisations.Cotisations.Prime_pure	MODEL.Cotisations.Cotisations.Cotisations_versees
MODEL.Prestations.Prestations.Charge_de_prestation	MODEL.Cotisations.Cotisations.Prime_pure
MODEL.Prestations.Prestations.Charge_de_prestation	MODEL.Prestations.Prestations.S_p
MODEL.Prestations.Prestations.Prestations_payees	MODEL.Prestations.Prestations.Charge_de_prestation
MODEL.Prestations.Prestations.Prestations_payees	MODEL.Prestations.Prestations.Chronique_des_PSAP.Cadence_liquidation
MODEL.Prestations.Prestations.Provisions_de_sinistres	MODEL.Prestations.Prestations.Charge_de_prestation
MODEL.Prestations.Prestations.Provisions_de_sinistres	MODEL.Prestations.Prestations.Chronique_des_PSAP.Cadence_liquidation
MODEL.Resultats.Resultat.Resultat	MODEL.Cotisations.Cotisations.Chargements
MODEL.Resultats.Resultat.Resultat	MODEL.Cotisations.Cotisations.Commissions
MODEL.Resultats.Resultat.Resultat	MODEL.Cotisations.Cotisations.Cotisations_versees
MODEL.Resultats.Resultat.Resultat	MODEL.Prestations.Prestations.Prestations_payees
MODEL.Resultats.Resultat.Resultat	MODEL.Prestations.Prestations.Provisions_de_sinistres

- Relations entre les variables des modèles actuariels :

Une variable A dépend informatiquement d'une autre variable B si B intervient dans la formule de A.

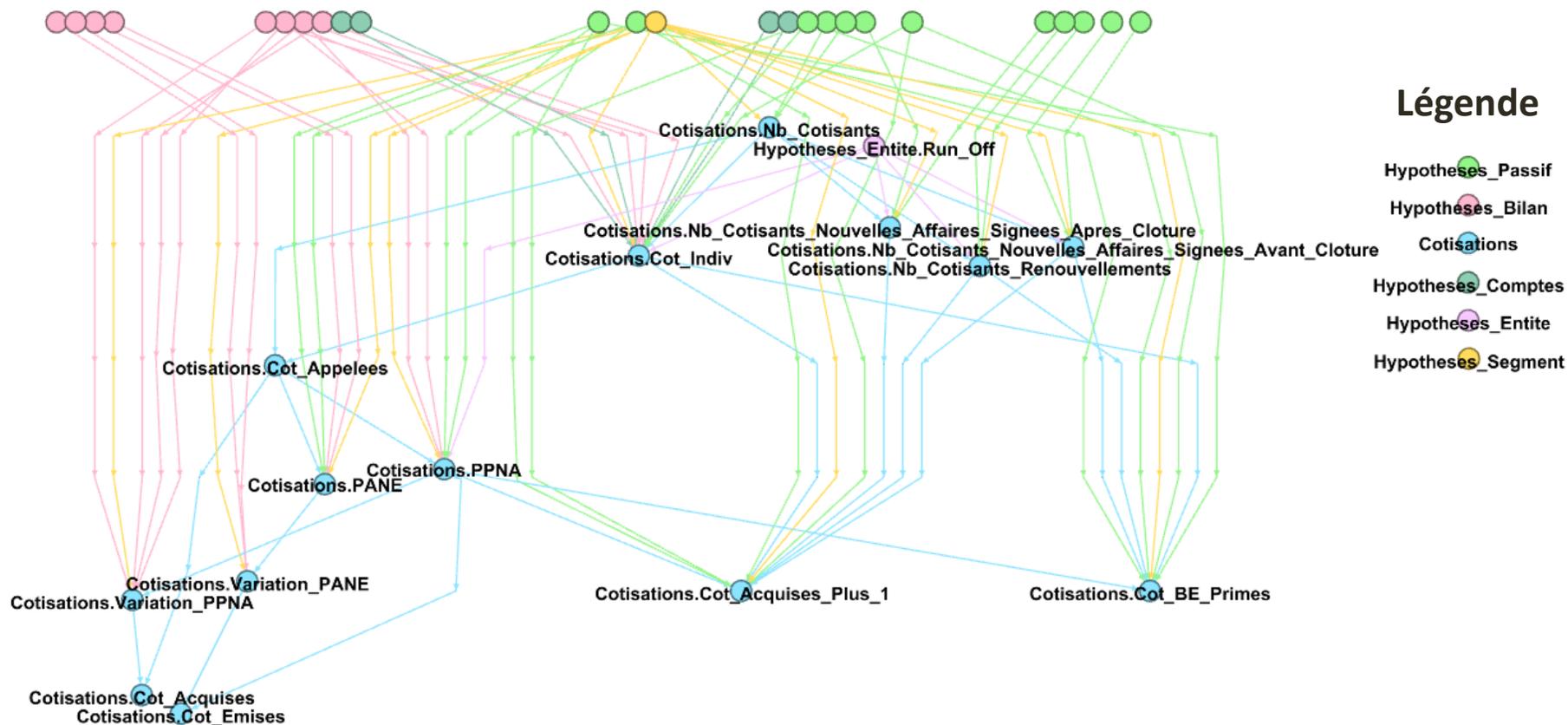
➤ Cartographie informatique des modèles actuariels

Principes et applications de la théorie des graphes

- ▶ Un **graphe G** est défini par un couple (V,E) avec
 - V : l'ensemble des nœuds → les variables de nos modèles actuariels
 - E : l'ensemble des liens entre les nœuds → les relations de dépendances informatiques
- ▶ Caractéristiques des graphes de modèle actuariel :
 - **Orienté** : la relation entre les variables n'est pas symétrique
 - **Acyclique** : absence de référence circulaire
- ▶ Ce sont des **DAG** (*Directed acyclic graph*)

➤ Cartographie informatique des modèles actuariels

Exemple graphe : Module Cotisations



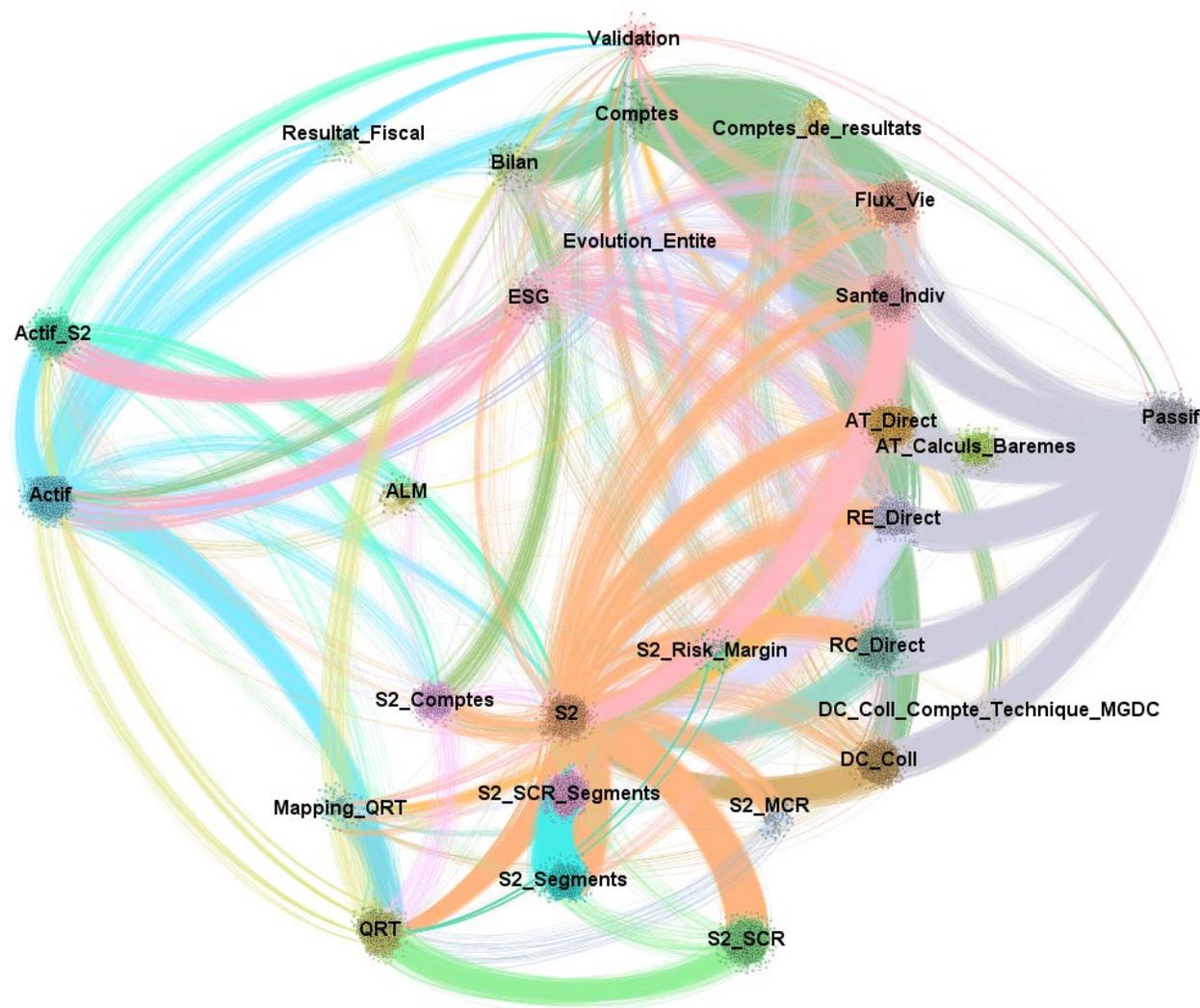
➤ Cartographie informatique des modèles actuariels

Méthodes de cartographie

- ▶ Objectif : représenter les graphes des modèles actuariels
- ▶ Deux sous-objectifs distincts :
 1. Visualiser les **interactions** entre les différents modules : **Carte des interactions**
 2. Représenter l'**ordre des calculs** dans un module : **Carte de la hiérarchie des calculs**
- ▶ Utilisation d'algorithmes de visualisation de graphe
- ▶ Cible : positionner les nœuds et les liens du graphe afin d'en résumer sa structure
- ▶ **Deux familles** d'algorithmes pour **deux cartes** distinctes

► Cartographie informatique des modèles actuariels

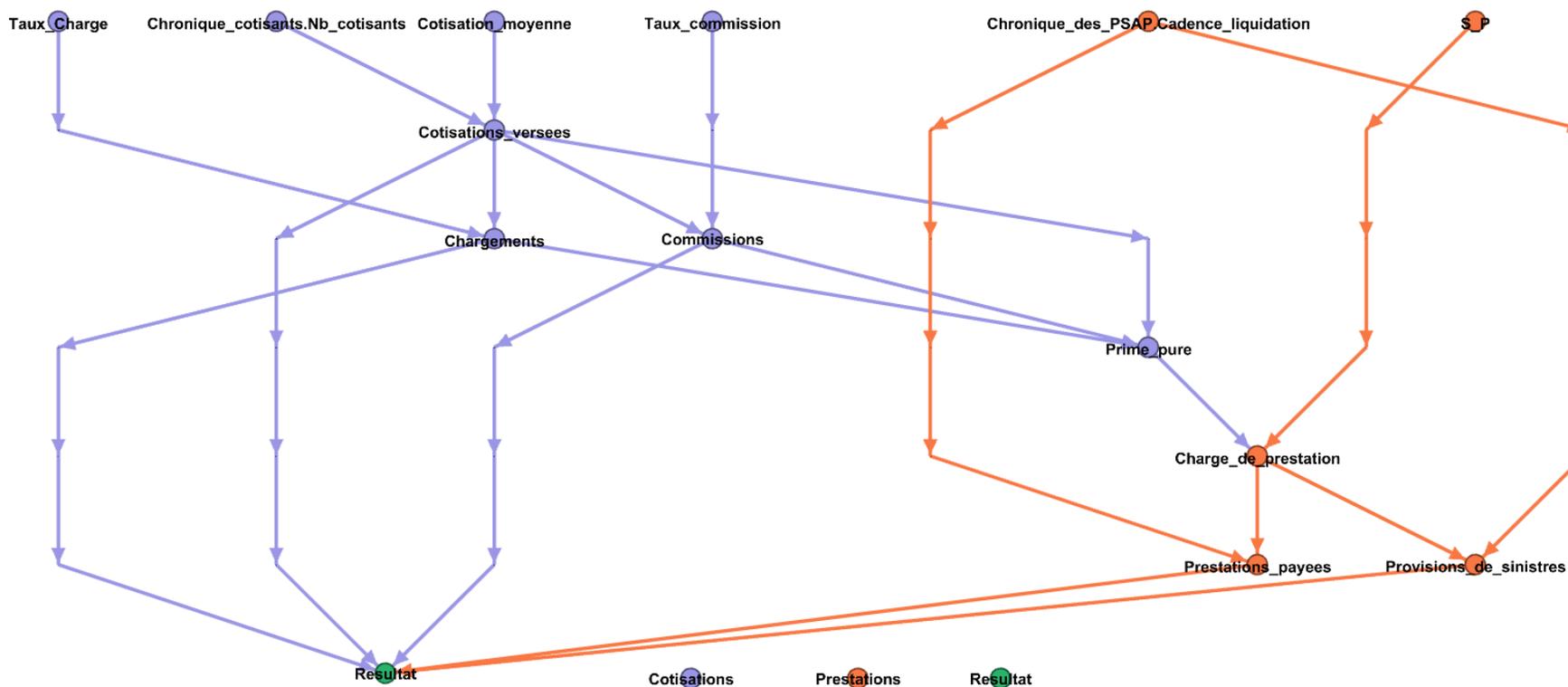
Carte des interactions : Modèle Standard



➤ Cartographie informatique des modèles actuariels

Carte de la hiérarchie des calculs : Module Comptes

Graphe d'un modèle Comptes

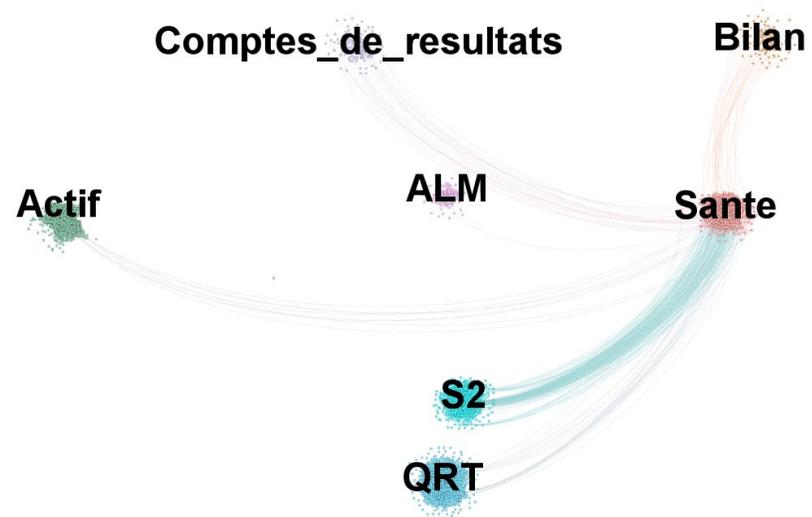


CONFIDENTIAL © 2018 ACTUARIS

➤ Cartographie informatique des modèles actuariels

Carte des interactions : PRE

Etude des sorties du segment Santé



Zoom sur les sorties du segment Santé vers le module Actif

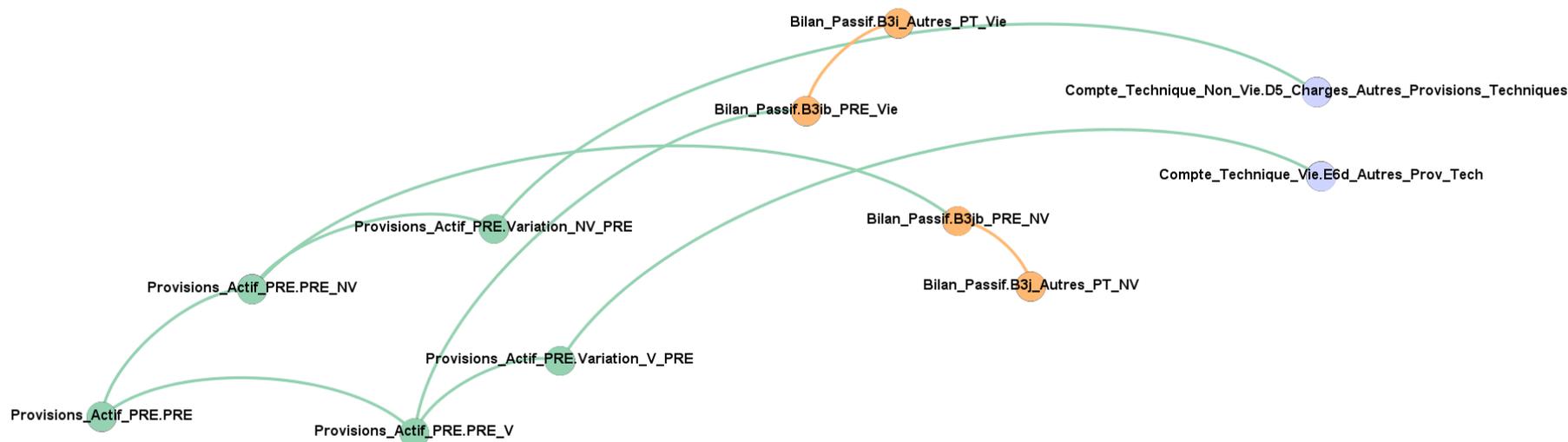


- ▶ $PRE_{Vie} = PRE \cdot \frac{\text{Provisions techniques Vie}}{\text{Provisions techniques Vie} + \text{Provisions techniques non Vie}}$
- ▶ $PRE_{Non\ Vie} = PRE \cdot \frac{\text{Provisions techniques Non Vie}}{\text{Provisions techniques Vie} + \text{Provisions techniques non Vie}}$

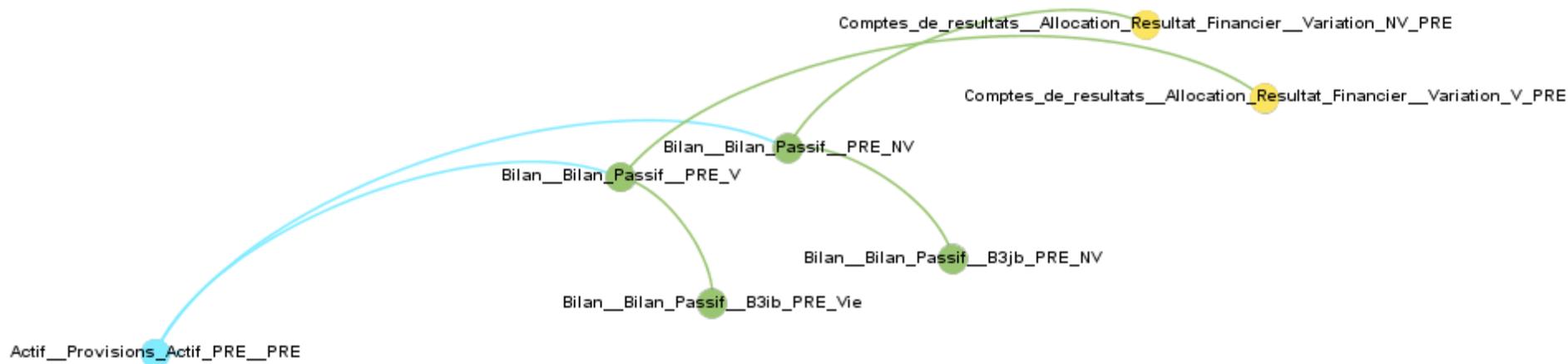
➤ Cartographie informatique des modèles actuariels

Carte des interactions : PRE

Descendants de la PRE avant correction



Descendants de la PRE après correction



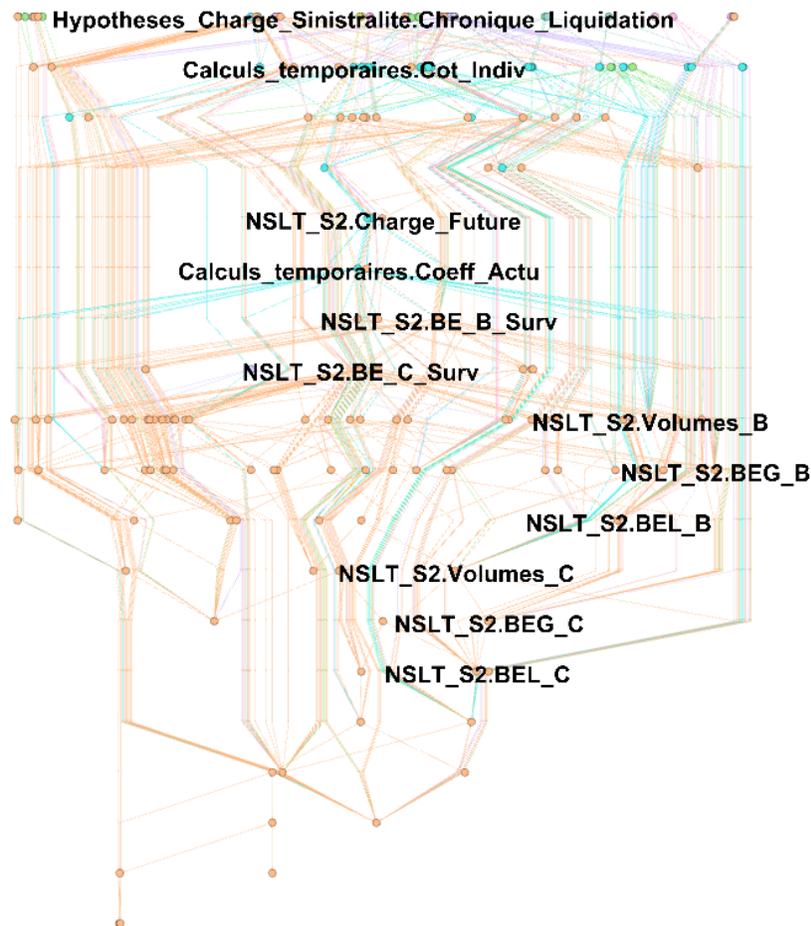
- ▶ Concepts de la théorie des graphes utilisés : Chemins, Descendants
- ▶ Amélioration apportée : Amélioration de la modularité de l'Actif

➤ Cartographie informatique des modèles actuariels

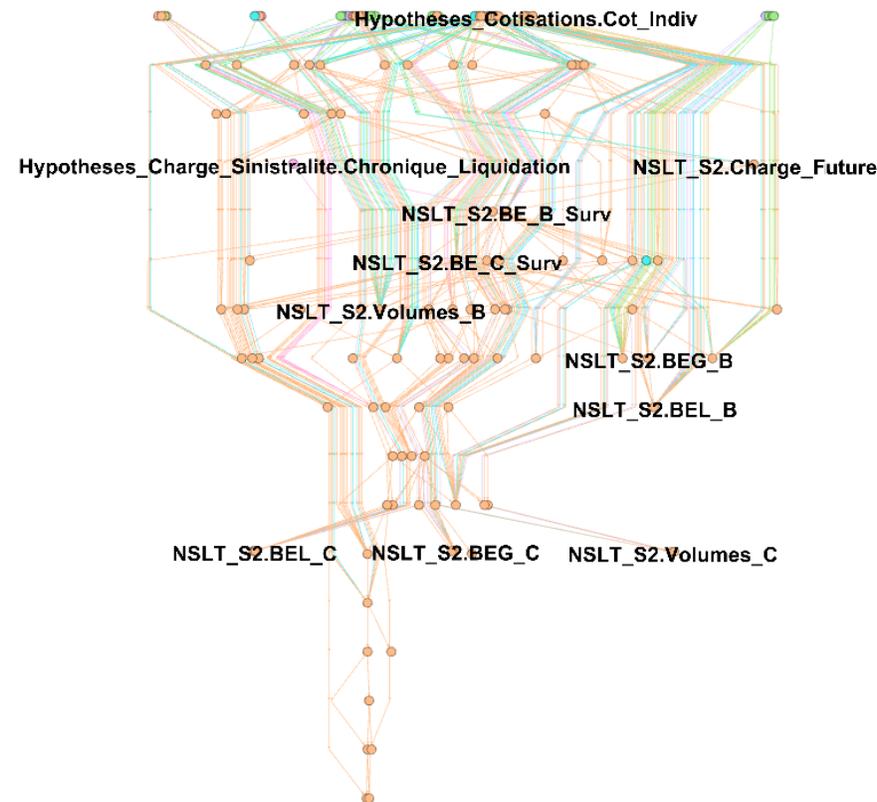
Carte de la hiérarchie des calculs : Module S2 NSLT

- ▶ Visualisation du module de *Best Estimate* pour une garantie NSLT

Avant



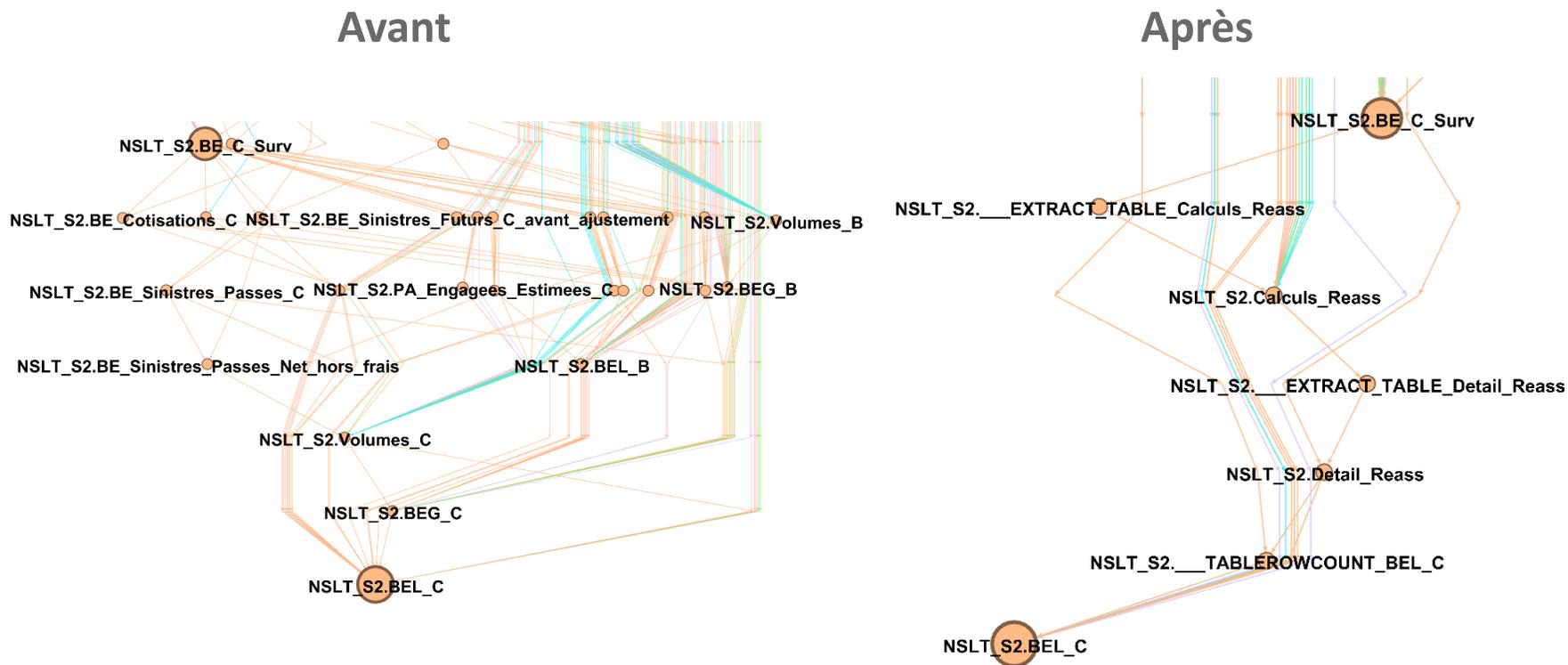
Après



➤ Cartographie informatique des modèles actuariels

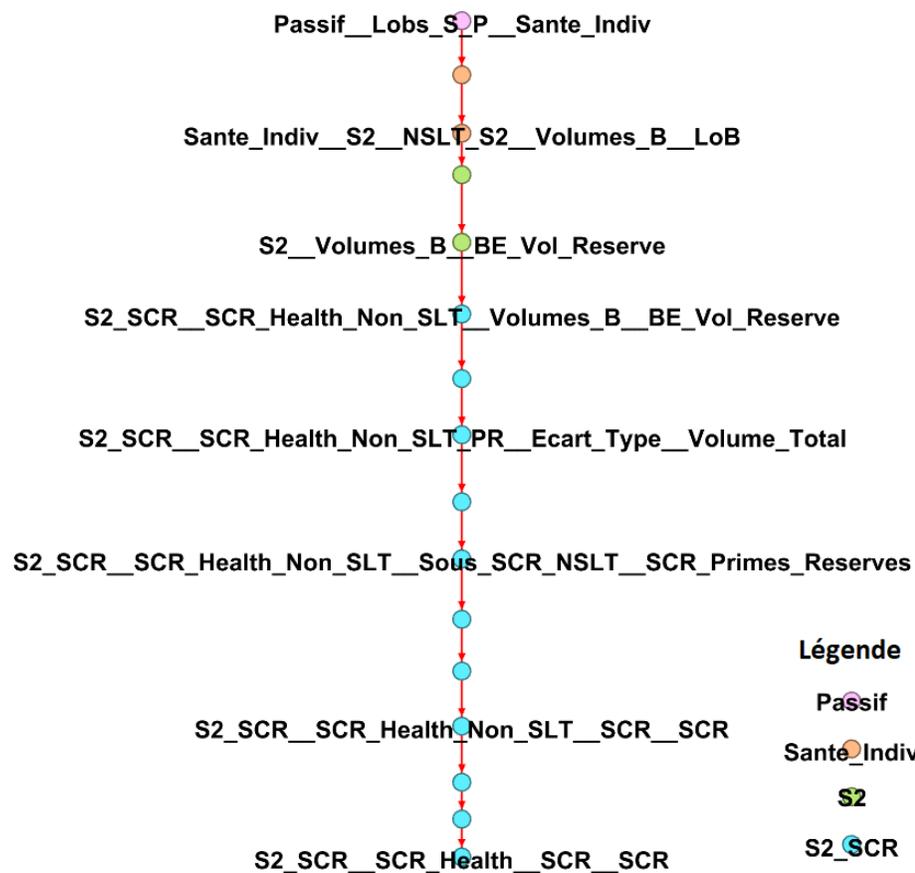
Carte de la hiérarchie des calculs : Module S2 NSLT

- ▶ Antécédents de la table des *BEL* cédés



➤ Cartographie informatique des modèles actuariels

Chemin entre deux variables : LoB et SCR



- **LoB** : hypothèse modélisation segment Santé
- Import dans le module *Sante_Indiv*
- Import dans le module *S2_SCR*
- Utilisé pour le calcul du **SCR de primes et de réserve** en santé
- Intervient dans le **choix de l'écart-type**

➤ Approche statistique de la cartographie

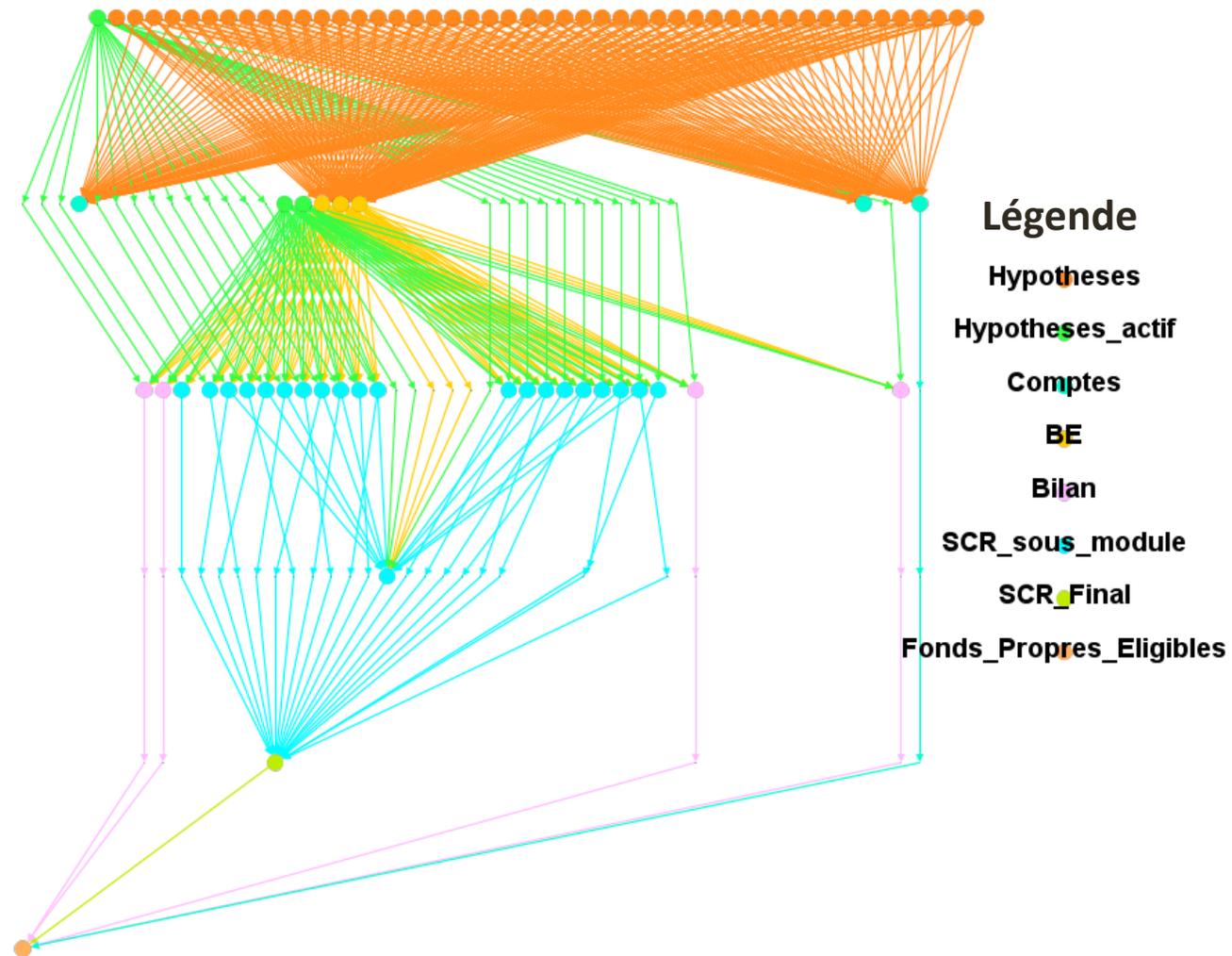
Simulation de l'évolution de l'organisme

- ▶ **1000 projections sur un an** du modèle
- ▶ Obtenue à partir des hypothèses d'un organisme de prévoyance santé
- ▶ **Inputs simulés :**
 - Ratio S/P
 - Taux de frais
 - Rendement moyen
 - Taux de cession
 - Décalage courbe des taux
 - Ratio de couverture du SCR
- ▶ **Outputs obtenus**
 - Cotisations
 - Résultat de l'exercice
 - Valeur de marché des placements
 - *Best Estimates*
 - Fonds propres éligibles
 - Ratio de couverture du SCR
- ▶ Jeu de données de **82 colonnes** et **1000 lignes**

➤ Approche statistique de la cartographie

Cartographie informatique du jeu de données

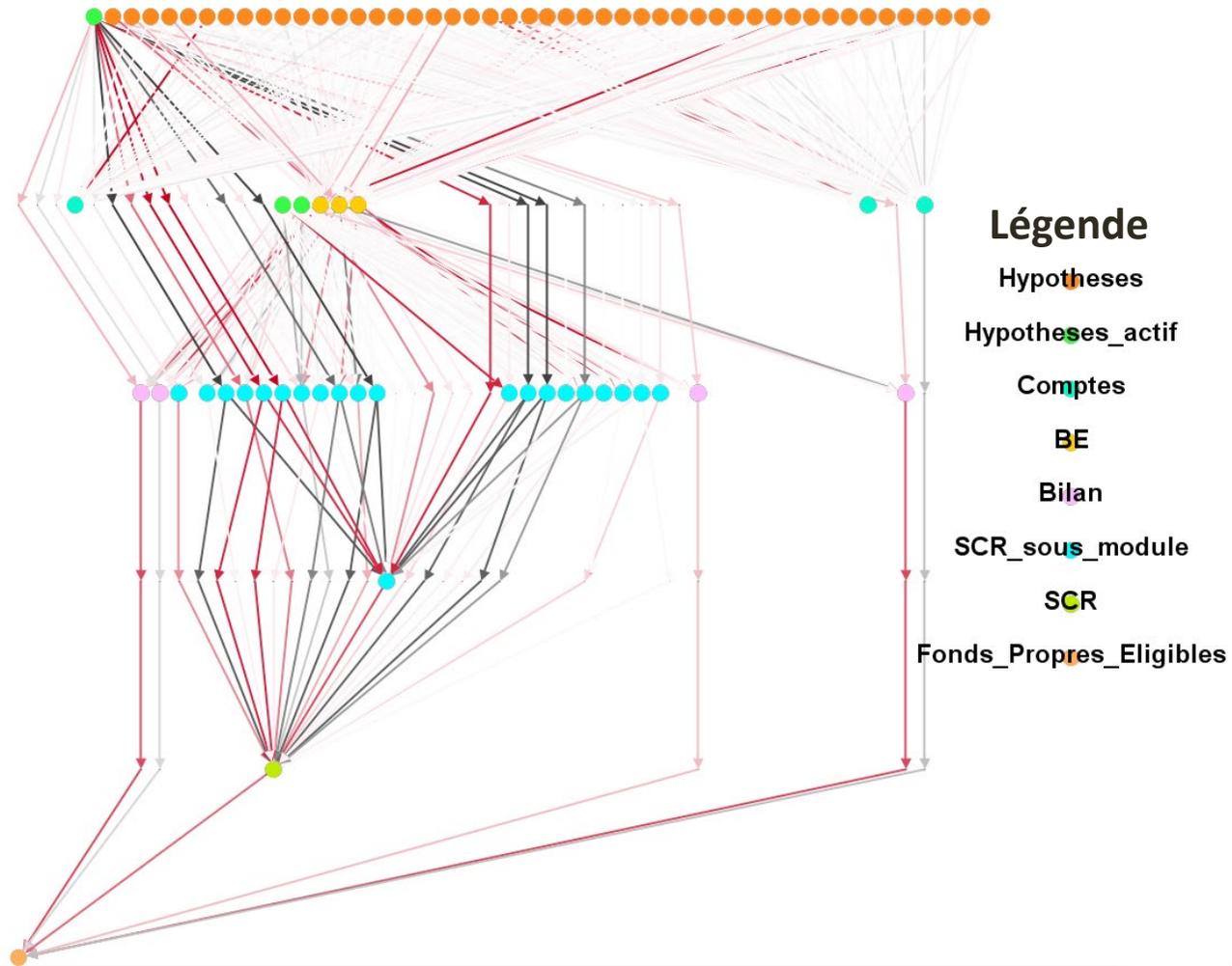
- ▶ Construction de la cartographie informatique du jeu de données



➤ Approche statistique de la cartographie

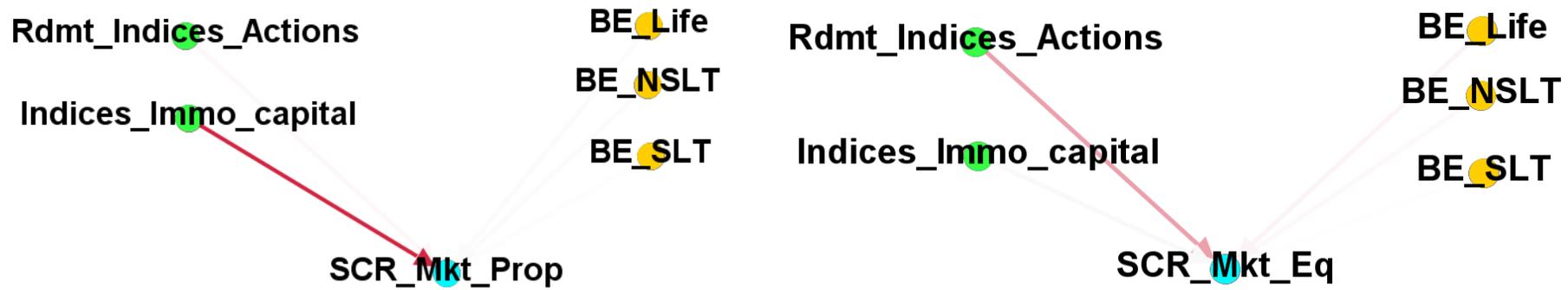
Cartographie informatique du jeu de données avec pondération

- Ajout de la pondération par les estimations des **coefficients de corrélation Spearman**



➤ Approche statistique de la cartographie

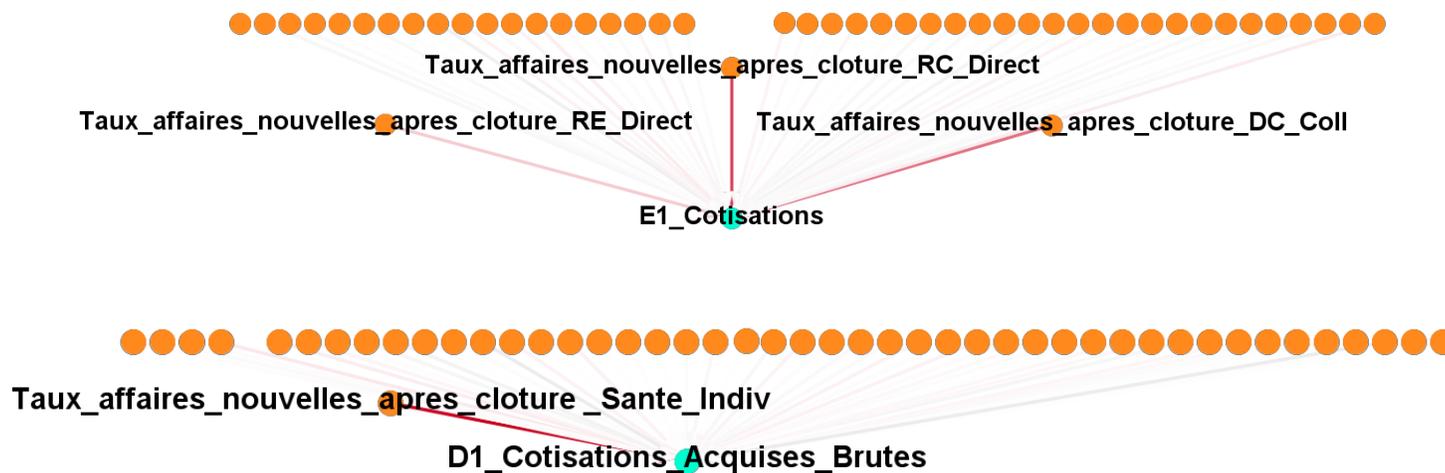
Exemple pour les SCR marché



- ▶ Estimation de la corrélation la plus élevée pour l'hypothèse intervenant dans le calcul

➤ Approche statistique de la cartographie

Exemple pour les cotisations



- ▶ Estimation de la corrélation cohérente avec la situation de l'organisme au 31/12/2017

Garanties	Santé	Décès	Incapacité	Rente d'éducation	Rente de conjoint
Cotisations	143,6m€	4,4m€	32,1m€	1,3m€	6,1m€

- ▶ **Aide** au designer de modèles
- ▶ Complète le **processus de contrôle** avec un nouveau regard
- ▶ **Objectifs atteints** :
 - Anticipation des travaux à mener
 - Assurance de l'interopérabilité : optimisation des liens intra et inter-modèles
 - Validation des travaux de développements (vision globale et détection d'anomalies micro)
 - Détection de la pertinence de l'évolution souhaitée
 - Optimisation de l'architecture du modèle et de ses performances

Merci pour votre attention !

