



HAL
open science

Récupération automatique des données de conception des systèmes pour les études de fiabilité

Romain Roy, Jean Christophe Houdebine, Mohamed Hibti

► **To cite this version:**

Romain Roy, Jean Christophe Houdebine, Mohamed Hibti. Récupération automatique des données de conception des systèmes pour les études de fiabilité. Congrès Lambda Mu 23 “ Innovations et maîtrise des risques pour un avenir durable ” - 23e Congrès de Maîtrise des Risques et de Sûreté de Fonctionnement, Institut pour la Maîtrise des Risques, Oct 2022, Paris Saclay, France. hal-03877956

HAL Id: hal-03877956

<https://hal.science/hal-03877956v1>

Submitted on 29 Nov 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Récupération automatique des données de conception des systèmes pour les études de fiabilité

1st Romain Roy

*SNE-EDP
Edvance*

Montrouge, France

romain.roy@edvance.fr

2nd Jean-Christophe Houdebine

Ariste

Antony, France

ariste@wanadou.fr

3rd Mohamed Hibti

*PERICLES
EDF R&D*

Palaiseau France

mohamed.hibti@edf.fr

Résumé—Plusieurs processus d'ingénierie et de supports de connaissance étant maintenant digitalisés, les données numériques ou textuelles peuvent être extraites de la documentation avec une assez bonne qualité. Dans cette perspective, EDF et Ariste ont décidé de développer un automate pour importer les données des schémas mécaniques pour une utilisation directe dans un outil expert pour les études de fiabilité Knowledge Based Trees (KB3) dans le but d'effectuer des études de fiabilité système.

L'algorithme que nous proposons, peut importer des schémas de deux outils de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) utilisés dans l'industrie nucléaire pour représenter les systèmes thermohydrauliques. Une étude en cours considère un outil CAO pour les systèmes de contrôle commande (CC).

Les premiers tests sont très encourageants, ce programme permet d'améliorer la qualité des études de fiabilité mais surtout les efforts d'ingénierie pour la saisie des systèmes en question. D'autre part, on peut utiliser des ajustements pour tenir compte des besoins spécifiques des projets. Une nouvelle étude est prévue pour envisager les systèmes électriques après les systèmes CC.

Mots Clés—Études probabilistes de sûreté, KB3, Système Expert, Data Mining, Automatisation.

Abstract—Now, that many engineering processes and documents are digitalized, numeric data can be extracted from design documentation with quite good quality. In this new environment, EDF and Ariste decided to develop an automaton for system design import and enrichment in KB3, directly from the design information system to get relevant data and different topological elements.

We propose an algorithm to import system design from two CAO tools used in the Nuclear Power Point industry for hydraulic systems. An ongoing study is considering Computer-Aided Design (CAD) tool for Instrumentation and Control systems (I&C). Several systems have been successfully tested but a need emerged to refine the sensitivity

to data to keep versus data to erase regarding different assumptions (e.g. for some hazards).

This program will hopefully enhance the quality of reliability studies in addition to a significant reduction of engineering efforts. Different adjustments and customization are performed depending on the projects before going into production. A new study is planned to examine the feasibility on electrical systems after I&C.

Keywords—Probabilistic Safety Assessment, KB3, Expert System, Data Mining, Automatization.

I. INTRODUCTION

La récupération des données, leur utilisation et leur maintenance dans des systèmes conçus il y a quelques décennies est une tâche difficile. Les systèmes d'information de l'époque ont été construits suivant un paradigme totalement différent d'aujourd'hui. Les documents d'ingénierie sont constitués d'un ensemble d'informations présentées sous forme de tableaux de données, de textes, ou des diagrammes souvent dessinés manuellement ou dans des formats de CAO non standardisés [17]. Ceci pose un certain nombre de difficultés quant à leur utilisation effective dans le monde digital d'aujourd'hui.

Nous exposons dans cet article notre activité d'automatisation de la récupération de schémas mécaniques produits par des outils de CAO, pour une modélisation système dans l'outil numérique KB3 en vue d'une analyse de fiabilité. Cette problématique pose un certain nombre de questions relatives aux données disponibles, au périmètre de modélisation et à la réduction du modèle pour ne considérer que

la partie pertinente pour une analyse de fiabilité système.

Le problème de récupération de données est un problème assez général dans beaucoup de disciplines, il peut couvrir des données sous forme de texte [19], de son [10], d'image [19], [20] ou de modèles avec des sémantiques plus ou moins élaborées [9], [13], [14], [18]. Dans l'industrie nucléaire, des modèles représentant les schémas mécaniques, électriques ou de contrôle commande sont élaborés. Ces modèles ont été construits en utilisant des formalismes pouvant souffrir aujourd'hui d'un certain nombre de limitations. Si aujourd'hui l'ingénierie des modèles est souvent au cœur de l'élaboration de ce genre de données/modèles, il est à noter que ce ne fut pas toujours le cas. Dans cette industrie, il y a eu toujours un travail de vérification et de validation des modèles en utilisant des formalismes structurés quand cela est possible [7], [8], [11].

Dans [7], [8], un travail d'import automatique a été fait avec une étape de vérification et de validation de la complétude et de la consistance des données pour des systèmes de contrôle commande (CC) : informations manquantes (nom de tags, paramètres, types d'objets, ...), connexions manquantes ou erreurs dans les entrées de plusieurs types (fichiers d'export corrompus, des inconsistances de type *Logique et Analogique*, deux sorties pour la même entrée, une paramétrisation incomplète, et des connexions inconsistantes pour les multi-systèmes). Dans [11], pour les besoins de vérification du CC un ensemble d'équipements d'acquisition de données est utilisé pour établir une connexion entre un simulateur d'ingénierie (logiciel) et l'armoire contrôle-commande SIEMENS d'Entrées/Sorties (matériel). Dans cette émulation, la configuration originale du diagramme dans les structures matérielles et du terrain restent inchangées. Ainsi, on juge d'abord s'il y a des problèmes en observant la cohérence entre l'entrée et la sortie de l'armoire contrôle-commande sans connaître la configuration interne. Ensuite, des problèmes peuvent être trouvés et corrigés par la compréhension et la vérification de la configuration exacte et complexe dans le détail. Enfin, l'exactitude et la fonctionnalité du système de contrôle sont vérifiées. Cette méthode est également très pratique pour l'extension à d'autres types numériques de contrôle-commande pour la vérification et la validation.

D'autres questions soulevées dans [3] concernent des écarts graphiques (style, positionnement) ou de structure (déplacement, modification, ajout, suppression). Pour garantir la qualité de la modélisation, il

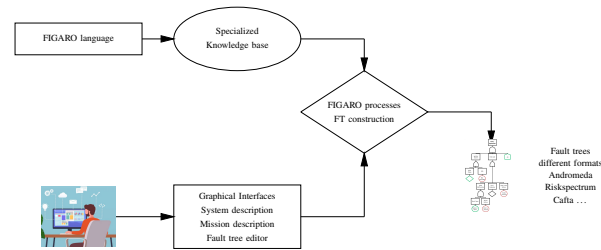


Figure 1. KB3 dans les EPS

est à noter que certains éléments d'ordre graphique ou de style doivent être pris en compte pour une meilleure représentativité des modèles en question et une adéquation avec la réalité dans la mesure du périmètre de modélisation pour la fiabilité système. En effet, les données peuvent être entachées de bruit ou d'erreurs (e.g. certains liens entre composants peuvent être manquants, ou mal dirigés).

Dans notre revue de l'état de l'art, il ne nous semble pas y avoir d'équivalent dans l'industrie nucléaire. En effet, les applications se limitent à des contrôles de conception et de mise en forme des schémas, mais pas une utilisation automatisée pour des applications dans les EPS.

Dans un document de feuille de route pour les travaux du U.S. Department of Energy Office of Nuclear Energy [12], il est aussi question de développer des outils basés sur la modélisation déclarative, ce que nous mettons déjà en œuvre pour nos études. En plus un des objectifs est de pouvoir automatiser la lecture et l'acquisition des données depuis le système d'information pour aider à vérifier ou à construire des structures logiques des systèmes en question en vue d'une intégration des modèles EPS.

EDF utilise KB3 [4] dans les études probabilistes de sûreté (EPS) pour générer la plupart des arbres de défaillances qui sont envoyés ensuite vers RiskSpectrum. Un effort important à EDF sur la numérisation des processus et des données permet de disposer de données de conception accessibles et de bonne qualité. Néanmoins, l'élaboration des arbres de défaillances dans KB3 nécessite une charge importante de saisie des schémas de conception et de maintien dans le temps. Sur ce constat, il a été décidé de lancer le développement d'un outil permettant d'injecter les données CAO vers KB3 : « CAO2KB3 ».

II. KB3 DANS LES EPS

KB3 assiste à la construction des modèles de fiabilité des systèmes. Il est basé sur une base de connaissance décrivant des classes génériques d'objets avec leur comportement et leurs modes de défaillances. Cette description provient d'une analyse des modes de défaillances et leurs effets (AMDE) et est codée dans un langage appelé FIGARO [2] développé à EDF. Utilisant ces objets, l'utilisateur peut décrire le système étudié dans un éditeur graphique et générer des arbres de défaillances pour différentes missions du système. Ensuite, il est nécessaire d'exporter ces arbres vers un gestionnaire d'arbres (eg. Andromeda [6]) ou un solveur (Aralia [1], RiskSpectrum [16], Xfta [15], ...).

III. METHODE

A. Besoin



Les données sources CAO sont des fichiers EXCEL, XML ou SVG qui contiennent les données nécessaires suivantes :

- Nom du composant
- Type de composant
- Renvoi schéma (inter page)
- Position X, Y sur le plan papier (PDF)
- Sens du fluide
- Objet amont
- Objet aval
- Type de fluide

La donnée de sortie est un fichier XML qui peut être importé dans KB3 avec une extension «.kbi ». Le besoin de base est de redessiner la structure du schéma avec les mêmes données que celles des données d'entrée avec un périmètre réduit au besoin de l'étude en se basant sur les objets d'une base de connaissance KB3 cible.

En plus de ce besoin de base, il a été décidé de développer les fonctionnalités suivantes :

- Traiter plusieurs sources d'entrée avec le même outil (A1)
- Obtenir des fichiers de sortie lisibles par KB3 (A2)
- Gérer des données d'entrée en version (A3)
- Utiliser un fichier de paramétrage pour la correspondance des types de composant à la main de l'utilisateur (A4)

- Obtenir un schéma lisible par un humain sans recouvrement des objets entre eux (A5)

Il a été identifié que certains objectifs (A3 et A5) peuvent avoir un bénéfice pour des études dans KB3 sans utiliser l'outil CAO2KB3 et il est important de ne pas développer deux fois un module. Avec ces éléments, des fonctionnalités ont été développées directement dans l'outil KB3 comme un comparateur d'étude, un module de fusion d'étude et un outil de repositionnement. Ces éléments ne seront pas développés dans ce document.

Le périmètre de l'outil inclut les ambitions A1, A2 et A4 en plus de la fonctionnalité de base de convertir une donnée d'une source vers une cible avec un périmètre adapté.

B. Difficultés techniques

1) *Qualité des données d'entrée*: Les problèmes rencontrés sont les suivants (les problèmes proviennent du fait que la donnée source ne répond pas à notre besoin, cela ne remet pas en cause la qualité des données par rapport à son besoin intrinsèque) :

- Donnée « sens du fluide » manquante ou erronée (PB1) : pour certaines sources cette donnée erronée n'a pas d'impact sur le rendu PDF et n'est pas contrôlée
- Lien entre objet non décrit ou non cohérent avec les règles de la donnée cible (PB2) : le cas le plus impactant est la présence de lien avec double sens qui est interdit dans KB3
- Manque de la position X, Y (PB3) : la position de certaines sources n'est pas toujours exploitable.
- Composant présent dans les PDF mais non décrit dans le fichier informatique (PB4) : le dessinateur du schéma peut par facilité dessiner à la main un composant sans le décrire dans la structure de donnée.
- Le type de composant n'est pas autoportant pour définir le type cible (PB5) : la source peut ne pas définir le type de sous vanne par exemple pour identifier facilement si la vanne est manuelle ou électrique.

2) *Périmètre du schéma par rapport au besoin des EPS*: Les EPS ont la volonté de modéliser les systèmes avec un jeu d'hypothèse qui permet de simplifier fortement la modélisation sur deux niveaux : périmètre du schéma réduit et comportement simplifié. Certaines EPS vont nécessiter de prendre en compte plus ou moins d'éléments d'un schéma. La difficulté principale est d'identifier et de ne traiter

que les éléments nécessaires et d'écartier ceux non voulus.

C. Constat et Principes mis en oeuvre

Le constat de base est que l'objectif de la donnée d'entrée n'est en général pas cohérent avec l'objectif de l'utilisation pour les EPS sur la qualité de la donnée lue ou son périmètre:

- La donnée source a vocation à être exhaustif et le plus représentatif possible de l'installation sous forme de schéma PDF avec son lot d'erreur pour le besoin EPS.
- La modélisation EPS a vocation à représenter de manière simplifiée un périmètre restreint qui est différent de celui de la source.

Le premier principe (PR1) est de ne pas nécessairement faire évoluer la source pour atteindre le niveau de qualité requis. La mise en forme des données d'entrée est très coûteuse et n'est en général pas accessible à 100%.

Le deuxième principe (PR2) est qu'il n'est pas pertinent de modifier la source pour le besoin EPS, au détriment de son objectif originel. En effet, le fait de demander à une entité hors du domaine de compléter une donnée dont ils n'ont pas besoin amènera inévitablement à des coûts majorés et des erreurs de saisie (incompréhension du besoin, moins de contrôle).

Le but de l'outil est de mettre en œuvre des moyens pour accommoder ces deux principes.

Pour répondre au principe 1 (PR1) sur la qualité des données, les moyens suivants ont été mis en œuvre :

- Mettre au point d'une règle de lecture via des tables de conversion (MOY1)
- Vérifier les règles de la donnée cible, (à savoir, la base de connaissance KB3) (MOY2), afin de répondre à l'ambition A2
- Permettre qu'un point de connexion puisse être une entrée ou une sortie (MOY3)
- Couper un lien entre deux objets si non lisible par KB3 et informer l'utilisateur via un LOG d'injection (MOY4)
- Définir une *application programming interface* API sous forme de commande pour corriger ou compléter les données manquantes pour un problème de qualité (MOY5)

Pour répondre au principe 2 (PR2) sur le périmètre, les moyens suivants ont été mis en œuvre :

- Définir le périmètre d'intérêt dans une liste explicite de matériel à modéliser (MOY6) et/ou tous les matériels présents entre une entrée et une sortie (chemins) (MOY7)

- Mettre en place une table de conversion permettant d'effacer des objets tout en gardant le circuit (MOY8), pour l'ambition A4
- Mettre en place une table de conversion permettant de couper un circuit en supprimant un objet (MOY9)
- Définir une API sous forme de commande pour supprimer des objets hors scope ou ajouter des objets non disponibles ou illisibles dans le fichier source. (MOY5)

D. Développement

Le code développé suit la séquence suivante (Etape i) en utilisant différentes données d'entrée (DEi) et générant des données intermédiaires (DIi) en deux phases (cf. figure 2) :

L'IHM pour utiliser le code est en figure 3 :

Il y a plusieurs champs pour saisir les chemins des données d'entrées DE1 à DE5 une fois la source sélectionnée. Actuellement, il y a 3 sources, ce qui répond à l'ambition A1 :

- Schémas hydrauliques : outils de visualisation avec les logiciels VESPA¹ et SMD
- Schéma contrôle commande : Logiciel TEC 4.

Le fichier de sortie est généré par sélection d'un fichier cible.

La zone A permet de définir le fichier de conversion alors que la zone B permet de définir des règles de placement des objets. Le code permet de placer selon un pas horizontal et vertical avec un choix d'orientation les objets n'ayant pas de position décrite dans DE3.

La phase 1 nécessite un code spécifique pour chaque source. Ceci est justifié par les différences de structure des données source et le format des données. Le fichier de correspondance par type a une forme standard pour traiter toutes les sources. Il peut être enregistré sous format XML et peut être modifié par l'IHM en zone A comme dans la figure 4 :

La classe FI est le type « lu » dans le fichier source. Cette interface permet de sélectionner le type cible correspondant (ici « filtre »). La sélection de ce type est lue directement dans la donnée DE5 où se trouvent tous les types possibles. Ensuite, il y a deux parties importantes :

- La correspondance entre les types où il est défini qu'un point de connexion de la source est affecté à un point de connexion de la sortie (utilisé en phase 1)

¹VESPA, SMD sont des logiciels maison à EDF.

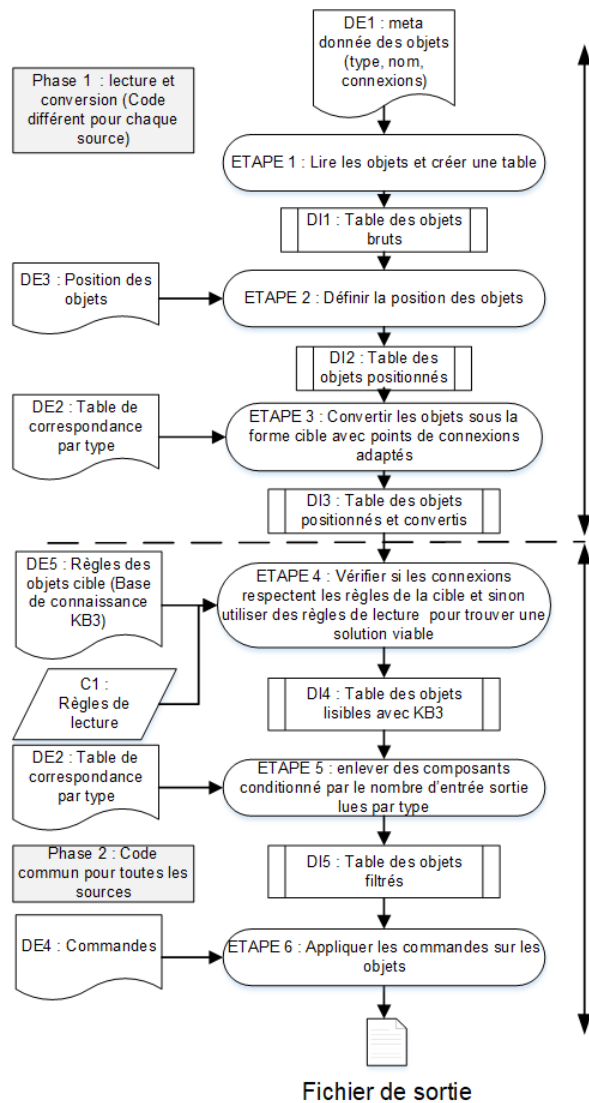


Figure 2. Séquence des étapes

- Les conditions de suppressions où il est possible d'effacer un objet en fonction du nombre de connexion trouvées ou s'il n'est pas sélectionné (non positionné) (utilisé en phase 2)

La phase 1 permet de lire le fichier source, convertir les types et définir les positions (Etapes 1 à 3). Ces trois étapes permettent d'obtenir une table des composants bruts avec des problèmes potentiels : pas cohérent avec les règles de la cible, trop d'objet par rapport au besoin et objet ou lien manquant.

La phase 2 permet de nettoyer les données par rapport au besoin et obtenir un fichier compatible avec les

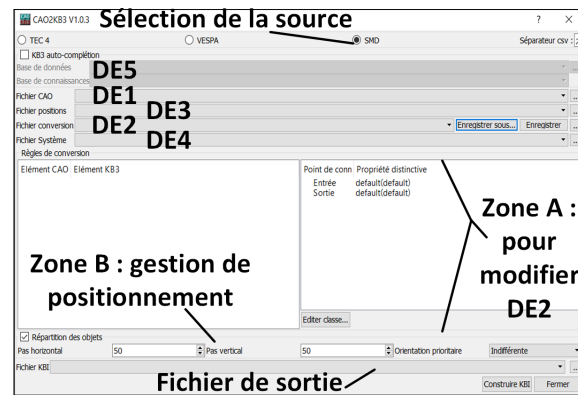


Figure 3. Interface Homme Machine

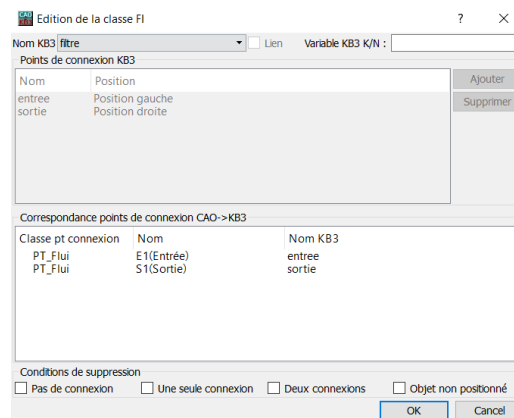


Figure 4. Edition de la classe

règles de KB3.

Les commandes permettent d'ajuster le schéma en ajoutant, supprimant ou déplaçant des objets ou liens. La lecture des règles de la cible permet de supprimer des liens impossibles. Il existe des règles de lecture dans le code qui permettent de forcer des connexions. Exemples de commande pour créer un objet et un lien :

```
- createObject (type,nom_objet,page,position_x,position_y)
- createLink (type,nom_objet_1,connexion_1,nom_objet_2,connexion_2)
```

IV. CAS D'APPLICATION

Le cas illustré dans cet article se base sur des schémas hydrauliques d'un système de génération de vapeur dans un réacteur nucléaire de Flamanville contenant divers composants (bâche, barillet, pompe à eau, etc.)

Le périmètre pour le modèle EPS est surligné en vert et le hors scope est justifié comme suit :

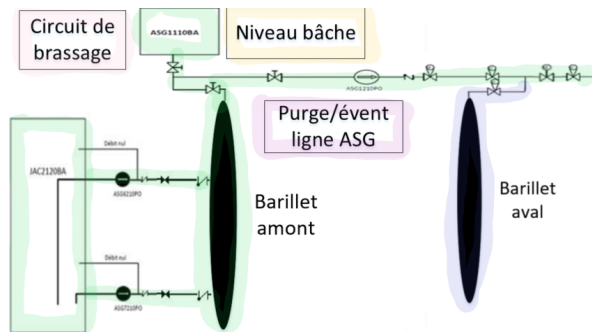


Figure 5. Schéma papier simplifié issu du rapport de sûreté de Flamanville 3

- Hypothèse 1 : Barillet aval, brassage bache : la défaillance de ces parties ne remet pas en cause la mission.
- Hypothèse 2 : Vannes de purge / évent : la fuite de ces vannes ne remet pas en cause la mission.
- Hypothèse 3 : Capteurs (niveau de la bache) sont modélisés dans l'étude contrôle-commande.

Sélection des différentes données d'entrée sans l'utilisation des commandes (DE4) :

- KB3 auto-complétions (DE5) : La base de connaissance utilisée est une base qui décrit des composants hydrauliques avec un seul sens de fluide accepté (pas de double sens).
- Fichier CAO (DE1) : La donnée d'entrée est le schéma du système ASG sous forme XML venant d'un noyau SMD.
- Fichier position (DE3) : Le fichier contient deux informations : la position et le périmètre de l'étude. La position est décrite en X, Y et le périmètre est décrit par une sélection du composant par liste où ne sont pas présent les traversées, vannes de purge/évent ainsi que le circuit de la bache de brassage et d'instrumentation. Le périmètre correspond au schéma décrit en vert sur les PDF. La sélection du périmètre est cohérente avec les hypothèses d'études sur les PDF.
- Fichier conversion (DE2) qui a été établi par itération et sauvegardé dans la zone A : Le fichier de conversion correspond à des objectifs lignés sur le périmètre et la qualité des données. Dans l'exemple, l'objectif est de forcer le tracé de tous les liens entre les composants du périmètre modélisé et ne pas prendre en compte certains types d'objets avec les stratégies suivantes :

Stratégie 1 (suppression : bache, vanne, clapet, diaphragme) : Non positionnée, permet de ne dessiner le composant que si défini dans le scope.

Stratégie 2 (suppression : nœud, lien fluide) : Zéro ou une seule connexion : composant non mis dans le scope mais qui reste si deux connexions.

Stratégie 3 (suppression : capteur, flexible) : pas de composant assigné pour la conversion : permet de supprimer le composant du schéma et couper le lien.

Stratégie 4 (suppression : Traversée (TWT), Filtre (FI), diaphragme (KD)) : Non positionnée, zéro, une seule connexion ou deux connexions : permet de ne pas prendre en compte le composant sans couper le lien.

Stratégie 5 (connexions : bache) : Un seul lien en sortie sur la ligne principale : permet de ne pas prendre en compte les lignes de purge, évent, brassage et mesures dans le schéma.

Stratégie 6 (connexions : Traversée (TWT), Filtre (FI), diaphragme (KD), vanne, clapet, diaphragme, nœud) : Les entrées / sorties reliées en entrée et/ou sortie : permet de forcer au maximum de ce que peut accepter la cible dans la définition des liens possibles.

Stratégie 7 (connexions : lien fluide) : Les entrées / sorties (avec cas double sens) sont respectivement DEPART / ARRIVEE : permet de forcer modérément la connexion des liens dans la définition des liens possibles.

- Définition du positionnement (zone B) : Le positionnement garde les valeurs par défaut, soit un pas de 50 mm en horizontal et vertical avec un positionnement « indifférent ».

En n'utilisant que le fichier de conversion, sans application de commande manuelle, le fichier s'ouvre à chaque fois (pas d'erreur de règle dans le fichier de sortie MOY2) sur 4 folios 1, 2, 14 et 13 :

La mise en forme des schémas n'est pas parfaite mais il y a un niveau important de traitement :

- Très proche du périmètre requis, ce qui a été rendu possible par la mise au point des règles de lectures (MOY 1), la définition du périmètre d'intérêt (MOY6) et par la non prise en compte de certains types tout en gardant le tracé du schéma (MOY 8 et 9)

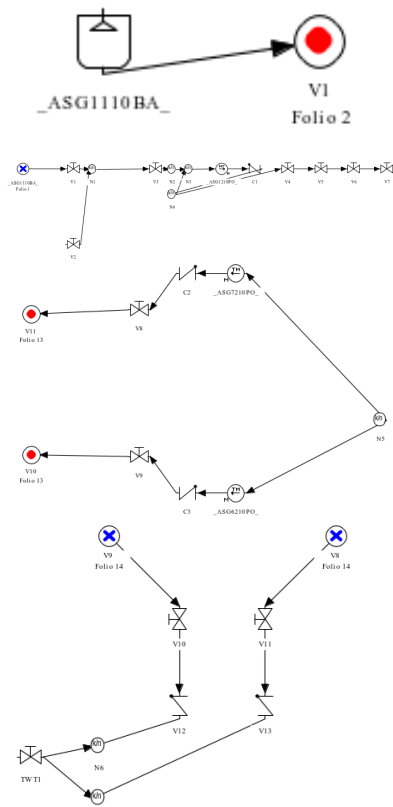


Figure 6. Folio 1, 2, 14 et 13

- Le tracé du schéma est complet ce qui a été possible avec le forçage des connexions (MOY 3)
- Il manque un lien entre V2 et N6 et un composant (JAC2120BA) mais il y a un LOG qui permet de comprendre et de compenser manuellement ces manques (MOY 4)

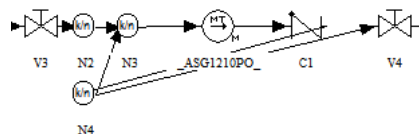
Les différents problèmes (Pi) illustrés dans cet exemple avec les informations présentes dans le LOG permettent d'appliquer des commandes pour finaliser l'étude (MOY 5) :

- P1 : Manque le lien avec les folios 2 et 13 entre V2 et N6.

Le log explicite une incompatibilité des règles cible sur le forçage d'un sens unique alors que la source est en double sens (PB2). Cela vient de la présence de lien avec sens double et du manque d'information sur le sens du fluide. La solution serait de créer le lien entre les deux vannes mais il est préférable de laisser

le lien coupé car c'est compliqué de modéliser un barillet dans un circuit KB3 (double sens). Le choix est de mettre une source à ce niveau (étape suivante).

- P2 : trois nœuds non nécessaires apparaissent dans le bloc vannes de purge/évent qui est hors scope.

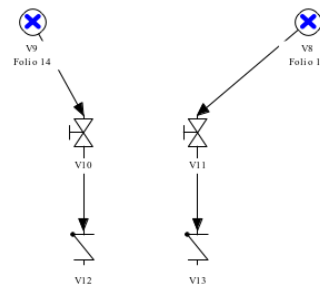
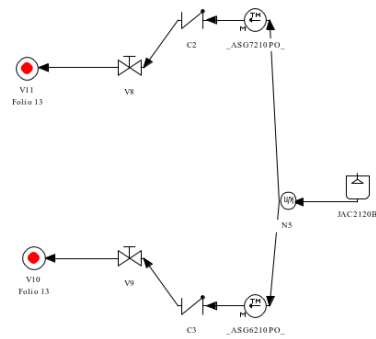
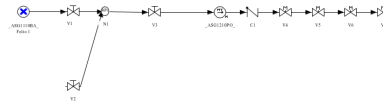
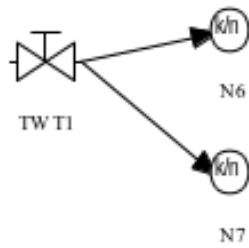


Le problème ici est que la table de conversion et la définition du périmètre de l'analyse ont deux effets : les vannes de purge disparaissent (suppression si non positionnée : stratégie 2) et les nœuds qui forment un bypass (pas de suppression si non positionnée : stratégie 1). Finalement il y a un bypass sans composant principal. Ceci vient de la stratégie 2 qui force le tracé du circuit en acceptant d'avoir plus que voulu au niveau des liens et nœuds. Ceci n'est pas un problème de données d'entrée mais un effet de la stratégie de conversion. La solution est d'utiliser des commandes pour supprimer le nœud N4 et appliquer de nouveau les règles de conversion sur les nœuds pour faire disparaître N2 et N3 (suppression si deux liens : stratégie 2) (MOY 5).

- P3 : manque la bache JAC2120BA

La bache fait partie du système JAC (hors ASG). La bache est dessinée en point tiré sur le PDF du schéma détaillé. C'est une pratique de la CAO pour montrer les limites vers d'autres systèmes mais le composant n'est pas décrit dans le fichier SMD. C'est un dessin à la main sur le masque du schéma. (PB4). Dans le but de ne pas ajouter un autre fichier et devoir faire une fusion seulement pour une bache pour tout un système, la solution est d'ajouter à la main la bache avec les commandes adéquates (MOY 5).

- P4 : il y a un composant en plus du scope.



Il y a un composant en plus du scope défini dans DE3 (une traversée TWT1) alors qu'elles suivent la stratégie 4 (ne sert que à dessiner le circuit mais ne doit pas apparaître à la fin). Cela vient des données en double sens non valable pour la cible (PB2). La raison de la présence de TWT1 est que le composant est nécessaire pour tracer le circuit. Les liens allant vers la gauche et droite sont des sorties alors que dans le fichier source ce sont des doubles sens. Si la cible acceptait les doubles sens, il n'y aurait eu aucun problème et la traversée aurait disparu. Le résultat obtenu est une solution cohérente avec les règles de la cible qui permet d'avoir tous les objets requis et le circuit complet mais pas finalisé. La solution est de supprimer l'objet « traversée » et ensuite de faire disparaître les nœuds avec l'application des filtres de scope de la table de conversion (disparaît si deux connexions : stratégie 2). Enfin pour traiter correctement le barillet, il est possible de couper la bache JAC du barillet en supprimant les deux liens venant des clapets et de ne plus modéliser la tuyauterie du barillet (MOY 5).

- P5 : le type de la vanne n'est pas bon
Certaines vannes sont des vannes électriques mais le type de composant source ne permet pas de le savoir. Actuellement, il n'y a pas eu d'effort fait pour identifier si une donnée dans la source permettait de l'identifier (PB5). La solution est de changer le type d'objet pour les vannes électrique avec la commande adéquate (MOY 5).

- P6 : deux nœuds N1 et N5 en folio 2 et 14 sont mal positionnés

Il n'y a pas de position des nœuds en donnée d'entrée. On suit les règles définies

Figure 7. Utilisation des commandes avant surcroupe EPS

dans la zone B qui demandent de ne placer que les nœuds requis sans connaître la position. Il existe une commande pouvant déplacer les objets pour obtenir un schéma plus lisible (MOY 5).

Dessin avec utilisation des commandes avant surcroupe EPS :

Pour la suite, il est nécessaire d'ajouter une surcroupe EPS pour permettre de générer les arbres de défaillances directement. Pour générer les arbres, il est nécessaire de définir une source d'eau en entrée et un sous-système en sortie. Pour y arriver, il est nécessaire de rajouter (pour les folios 1 et 14, les bâches font office de source d'eau) :

- Folio 13 : un nœud et un sous-système en aval des clapets (V12 et V13)

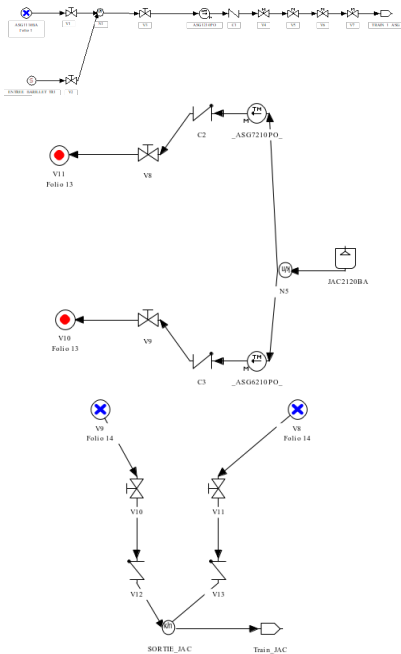
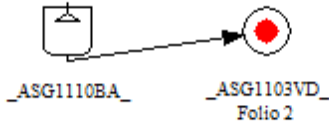


Figure 8. Application de la surcouche EPS

- Folio 2 : ajouter une source en entrée du barillet (V2) et un sous système à la fin de la ligne de pompage.

Les commandes (MOY 5) permettent d'ajouter cette surcouche. Pour cet exemple, il y a une vingtaine de commandes. Cela peut devenir laborieux pour des grandes études mais le gain escompté est une assurance qualité complète entre la donnée d'entrée et de sortie. Une optimisation serait de réaliser les gestes dans KB3 et d'enregistrer les modifications via un enregistreur de macro.

Finalement, le schéma est utilisable directement dans KB3. Le TOP de l'arbre de défaillance sera une porte logique (« OU », « ET » ou « K/N ») entre les 3 sous-

systèmes pour répondre à la mission à modéliser. L'exemple permet d'illustrer les problèmes identifiés dans le paragraphe III-B et les moyens de mitigation définis dans le §III-C. Le moyen de mitigation par les commandes est très efficace et permet de tracer la donnée de la source à la cible. Pour les mises à jour des schémas, la surcouche par commande sera toujours applicable si le schéma n'est pas repris complètement. Il faudra ajouter des commandes pour compléter l'étude. Finalement, le principe le plus important, en complément des deux principes décrits au §3 est qu'il ne faut pas chercher absolument à maîtriser le cheminement complet mais plutôt viser l'amélioration par itération pour obtenir le résultat final. Il est possible d'arriver à ce résultat en partant du premier rendu brut de l'outil et ensuite de réaliser des ajustements par commandes manuelles, comme proposé dans la figure 9 :

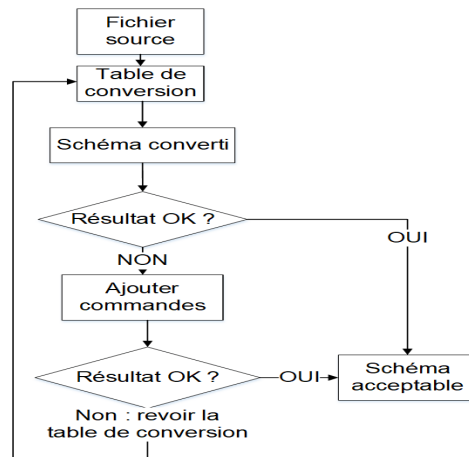


Figure 9. Ajustement par commandes manuelle

Dans les boucles qui permettent de modifier la table de conversion et le nombre de commandes, le but principal est d'obtenir un résultat acceptable et il n'est pas nécessaire de comprendre pourquoi la donnée d'entrée n'est pas optimale pour notre besoin. Le choix de modifier les commandes et/ou la table de conversion est un compromis entre le volume de commandes et la finesse des tables de conversion qui peut prendre du temps à figer et qui, dans un grand nombre de cas, ne fonctionnera que pour une étude particulière.

V. CONCLUSION

Dans ce papier, nous avons présenté une approche pour importer des données CAO de façon automatique vers l'outil KB3. Cette procédure, améliorera la qualité des études de fiabilité et réduira de

façon significative les efforts d'ingénierie. Différents ajustements et personnalisations sont effectués selon les projets avant de passer en production. En effet, les projets adoptent souvent un codage spécifique des différents objets et des manières de travailler propres. Une nouvelle étude est prévue pour examiner la faisabilité des systèmes électriques après I&C. En plus de ce gain sur le processus EPS, de nouvelles utilisations ont été identifiées à ce jour comme l'aide à l'analyse fonctionnelle, un retour sur la qualité pour les concepteurs de la donnée CAO et un suivi détaillé des évolutions entre deux indices de schéma à l'aide du comparateur intégré dans KB3. Ces nouvelles utilisations permettent d'entrevoir des gains importants des études d'ingénierie ainsi qu'une assurance qualité améliorée à un coût acceptable. L'outil actuel permet de lire deux sources de schéma thermo-hydraulique (*VESPA* et *SMD*) et une source de contrôle-commande (*TEC 4*). Le traitement de la source contrôle commande a fait ressortir un nouveau moyen efficace pour filtrer le scope EPS comme les chemins entre une entrée (capteur) et une sortie (actionneur). Il est prévu d'appliquer ce moyen aux sources thermo-hydrauliques. L'ambition forte de traiter plusieurs sources s'est confronté à des problématiques d'homogénéisation au début mais maintenant il apparait que l'identification de moyens partagés sur le traitement de la qualité et le scope des études apporte une qualité indéniable. Fort de ces premiers succès, les ambitions sur les développements à venir sont de semi-automatiser la réduction du modèle (compactage) [5] pour les schémas contrôle-commande et de continuer à identifier des attributs de la donnée source pour améliorer la conversion comme par exemple la conversion en type « vanne électrique ».

REFERENCES

- [1] ARBOOST TECHNOLOGIES. *Aralia User Manual*. Arboost, 2004.
- [2] BANNELIER, M., BOUISSOU, M., VILLATTE, N., AND BOUHADANA, H. Knowledge Modeling and Reliability Processing: Presentation of the FIGARO Language and Associated Tools. In *SAFECOMP'91* (1991), SAFECOMP'91, Trondheim.
- [3] CANTENOT, J., HENRY, N., DEHOUCQ-NEVEU, A., AND SUIGNARD, E. Etat de l'art des méthodes et outils pour la gestion des données au cours du temps. Tech. rep., EDF R&D.
- [4] CLAUDIE, A., BANNELIER, M., BOUHADANA, H., BOUISSOU, M., LUCAS, J.-Y., MAGNE, L., AND VILLATTE, N. Poste de travail base sur l'intelligence artificielle pour les études de fiabilité. *RFM, Revue Française de Mécanique* (1990).
- [5] COULOMB, J.-P., FIEGEL, A., AND MAUPUY, C. Modelling and Insertion of I&C in EPR-PSA. In *PSAM'4 Conference* (1998).
- [6] FRIEDLHUBER, T., HIBTI, M., AND RAUZY, A. Overview of the open PSA platform. In *11th International Probabilistic Safety Assessment and Management Conference and the Annual European Safety and Reliability Conference 2012, PSAM11 ESREL 2012* (2012).
- [7] GAIN, P., AND RYAN, J. Engineering simulators for verification & validation of HMI and I&C design of NPP. In *6th American Nuclear Society International Topical Meeting on Nuclear Plant Instrumentation, Control, and Human-Machine Interface Technologies 2009* (2009).
- [8] GAIN, P., AND RYAN, J. I&C design validation using simulation for nuclear DCS early verification. In *6th American Nuclear Society International Topical Meeting on Nuclear Plant Instrumentation, Control, and Human-Machine Interface Technologies 2009* (2009).
- [9] GAO, Z., LI, Y., AND WAN, S. Exploring Deep Learning for View-Based 3D Model Retrieval. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications* (2020).
- [10] HE, X., AND DENG, L. Speech-centric information processing: An optimization-oriented approach. *Proceedings of the IEEE* (2013).
- [11] LIN, M., HOU, D., LIU, P., YANG, Z., AND YANG, Y. Main control system verification and validation of NPP digital I&C system based on engineering simulator. *Nuclear Engineering and Design* (2010).
- [12] MILLER, A., HESS, S., AND SMITH, C. R&D Roadmap to Enhance Industry Legacy Probabilistic Risk Assessment Methods and Tools. Tech. rep., U.S. Department of Energy Office of Nuclear Energy.
- [13] NIE, W., WANG, Y., SONG, D., AND LI, W. 3D Model Retrieval Based on a 3D Shape Knowledge Graph. *IEEE Access* (2020).
- [14] NIE, W. Z., REN, M. J., LIU, A. A., MAO, Z., AND NIE, J. M-GCN: Multi-Branch Graph Convolution Network for 2D Image-based on 3D Model Retrieval. *IEEE Transactions on Multimedia* (2021).
- [15] RAUZY A. An Open-PSA Fault Tree engine. *PSAM/ESREL 2011* (2012).
- [16] SCANDPOWER. Riskspectrum Theory. <http://www.riskspectrum.com/en/risk/>.
- [17] SOZZI, G. L., DAHL, C. C., GROSS, R. S., AND VOELLER, J. G. Data retrieval techniques for nuclear power plants. In *American Power Conference*. (1995).
- [18] SU, Y. T., LI, W. H., NIE, W. Z., AND LIU, A. A. Multi-View Graph Matching for 3D Model Retrieval. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications* (2020).
- [19] SUN, J., DING, X., DU, L., LI, Q., AND ZOU, F. Research progress of fabric image feature extraction and retrieval based on convolutional neural network, 2019.
- [20] WU, Z., JIANG, S., ZHOU, X., WANG, Y., ZUO, Y., WU, Z., LIANG, L., AND LIU, Q. Application of image retrieval based on convolutional neural networks and Hu invariant moment algorithm in computer telecommunications. *Computer Communications* (2020).