Deuxième partie

Cadre méthodologique pour l'amélioration du travail collaboratif dans les SIP

Introduction

Dans cette partie, nous détaillons nos contributions méthodologiques et architecturales. Elle se décompose en trois chapitres.

L'objet du premier chapitre consiste à proposer une analyse précise des freins à la collaboration dans les SIP ; cette analyse s'est basée aussi bien sur l'étude menée en termes d'état de l'art que sur les résultats d'une enquête menée auprès d'entreprises industrielles, visant à mettre en lumière les pratiques des entreprises dans leur démarche PLM.

Le second chapitre expose une démarche globale permettant d'identifier les différents points de blocage dans l'activité collaborative. Cette démarche se base sur l'observation, menée grâce aux fonctions de traçabilité offertes par les SIP. Elle s'appuie sur la construction d'un système d'indicateurs. Ce chapitre présente également un cadre méthodologique étayant la démarche proposée.

Le dernier chapitre a pour objectif de présenter l'analyse et la conception d'une architecture générique et complémentaire au SIP. Cette architecture s'attache à instrumenter le SIP afin de pouvoir supporter la démarche proposée. Ce chapitre expose ensuite les spécifités du développement et d'intégration déployés avec un système PLM d'un éditeur régional.

3

Analyse des freins à la collaboration dans les SIP

Sommaire

3.1 Introduction 75
3.2 Enquête Régionale sur les pratiques PLM dans les PME/PMI 76
3.2.1 Objectifs recherchés 76
3.2.2 Questionnaire d'enquête 76
3.2.3 Résultats de l'enquête 77
3.2.4 Analyse résultats de l'enquête 82
3.3 Analyse des freins au travail collaboratif 83
3.3.1 Des freins liés aux SIP 83
3.3.2 Des freins liés au travail collectif 84
3.4 Proposition de structuration en cause-effet 85
3.4.1 L'approche proposée 85
3.4.2 Le modèle cause-effet résultant 87
3.4.3 Les limites du modèle causes-effet résultant 87
3.5 Conclusion 89

3.1 Introduction

Les systèmes d'information spécialisés autour du cycle de vie ont naturellement vocation à faire collaborer l'ensemble des acteurs de l'entreprise autour du développement de ses produits. Ces systèmes permettent différentes formes de collaboration (cf. chapitre **??**), pour autant les nombreux retours d'expérience mettent en évidence quelques contraintes vis-à-vis de la mise en œuvre de la collaboration au sein de ces systèmes. Alors que toutes les techniques de l'ingénierie concourante (cf. section 2 du chapitre 1) s'appuient sur la capacité de collaboration des différents acteurs ; les outils logiciels qui sont utilisés en support des processus collaboratifs ne garantissent pas l'efficience de l'activité collaborative. Pire, dans certains cas, ce sont les outils qui induisent des freins à la collaboration qu'ils sont pourtant censés favoriser. Tous les travaux du CSCW montrent

justement l'enjeu autour du travail collaboratif lorsqu'il est supporté par des outils logiciels spécifiques.

L'objet de ce chapitre est de proposer une analyse précise des freins à la collaboration dans les SIP.

Ce chapitre se décompose en deux parties :
- La première partie (cf. sec. 3.2) présente une enquête qui a été conduite dans le cadre d'un projet régional. Cette enquête, réalisée auprès d'entreprises industrielles, constitue un élément d'analyse complémentaire pour identifier les différents point de blocage et leurs principales causes.
- La seconde partie (cf. sec. 3.3) propose un cadre structuré d'analyse des problématiques autour d'une approche par le modèle cause-effet ; cette analyse s'appuie sur l'étude des résultats de l'enquête (première partie) ainsi que sur l'analyse de la littérature autour des freins liés au travail collectif.

3.2 Enquête Régionale sur les pratiques PLM dans les PME/PMI

3.2.1 Objectifs recherchés

Dans le cadre du projet ANCAR-PLM, une enquête a été réalisée auprès d'entreprises ayant mis en œuvre un SIP. L'objectif de cette enquête était de mettre en lumière les pratiques des entreprises dans leur démarche de mise en place d'un projet PLM ; notamment pour mettre en exergue les difficultés rencontrées (conséquences à court et moyen termes sur l'organisation et sur ses membres).

Cette enquête nous a permis d'appuyer notre problématique sur des cas industriels réels afin de pouvoir proposer une approche cohérente et la plus générique possible. Elle nous a permis également de s'interroger sur les modalités de mise en place du système PLM [EKPDB09] : d'où vient le besoin de cette mise en place ? les réflexions sur les modèles de processus ont elles été menées suffisamment en amont ? Dans quelles mesures les moyens (ressources techniques et humaines, dispositifs d'accompagnement, ...) et les méthodes déployées ont un impact sur la conformité des résultats obtenus au regard des attentes du cahier des charges ?

Notre objectif initial dans le cadre de cette thèse concerne les processus collaboratifs. A partir des réflexions menées suite à cette enquête, il s'agissait d'être capable d'identifier les freins et les blocages liés à l'usage de ce type de plateforme dans le cadre des processus.

L'ensemble des résultats présentés ci-après, le questionnaire et le courrier d'accompagnement (livrables du projet ANCAR-PLM) sont publiés en ligne sur le site web du projet.

3.2.2 Questionnaire d'enquête

Cette enquête a été réalisée à partir d'un questionnaire en ligne et avec le soutien de certains éditeurs de solutions qui ont relayé l'information auprès de leurs clients. Par ailleurs, des entreprises partenaires de l'université Lumière ont été sollicitées par approche directe ou relancées par mails. Enfin, cette enquête a par ailleurs bénéficié de

diverses promotions lors de présentations à des journées industrielles.

Dans ce contexte, le questionnaire proposé en ligne était auto-administré avec des choix libres ou guidés. Près de quatre cents entreprises ont été contactées et une quarantaine d'entre elles ont répondu au questionnaire ; soit un taux de réponse 10%.

Le questionnaire est décomposé en quatre parties, qui correspondent aux différentes phases de mise en place d'un SI (l'étude préliminaire, la mise en place, la mise en production, et l'utilisation courante du système). Les résultats présentés ci-dessous (après l'introduction du panel des répondants) s'inscrivent dans la structuration opérée pour la collecte des informations.

3.2.3 Résultats de l'enquête

Profil des entreprises

Les entreprises ayant répondu à cette enquête ont un système PLM installé depuis plus de deux ans en moyenne. Ce sont des entreprises industrielles de différents secteurs mais essentiellement manufacturiers : mécanique, électromécanique, pharmacie, hautes technologies, robinetterie, horlogerie, électronique, équipements industriels, secteur minier, ventilation, petit électroménager, équipementier.

Les activités des entreprises concernent la conception et/ou la fabrication de produit. Les éléments ci-dessous présentent quelques caractéristiques principales de ces entreprises :

- 67 % des entreprises possèdent plusieurs sites
- 88 % des entreprises ont des sous-traitants.

La répartition des entreprises en fonction de leur portefeuille clientèle est équilibrée (fig. 3.1).

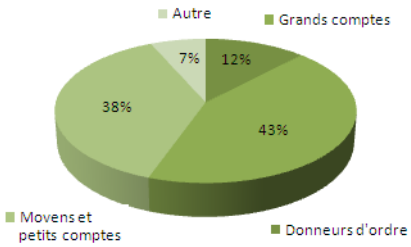


Fig. 3.1 – Répartition du portefeuille clientèle

Par ailleurs, la durée de vie des produits (fig. 3.2) est relativement longue et supérieure à 3 ans dans plus de 75 % des cas. Finalement, on constate que les systèmes PLM sont essentiellement déployés dans les entreprises où le produit est au cœur de l'activité. Les réponses montrent toutefois que le cadre historique des produits autour de la conception mécanique est largement dépassé. Ceci confirme la tendance des besoins industriels

qui sont passés d'une simple gestion de données de bureau d'études à une gestion globale du cycle de vie des produits.

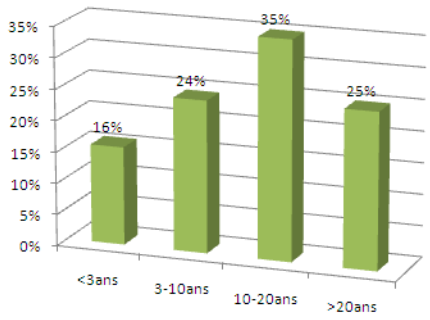


FIG. 3.2 – Durée de vie des produits

Le projet PLM au sein des entreprises

Un projet PLM comme tout autre projet concernant le SI s'inscrit dans un cycle de vie, avec des étapes qu'il est possible de caractériser, telles que l'émergence du besoin, l'analyse ou la réflexion autour des modèles attendus, la prise de décision, etc... Nous présentons ci-dessous les résultats de cette enquête sur les principales étapes.

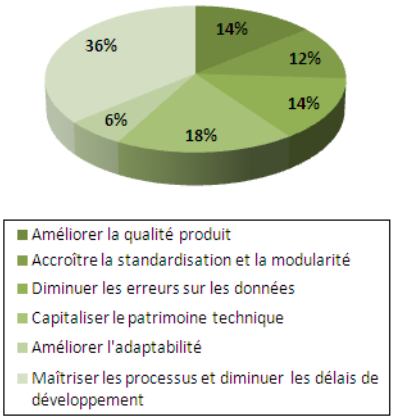


FIG. 3.3 – Principaux objectifs du PLM

L'émergence du besoin du système PLM L'analyse des réponses montre que l'expression de besoin d'un système PLM « émerge » généralement d'une démarche interne (besoin stratégique ou départemental identifié par le BE) dans plus de 60 % des cas et dans seulement 7 % des cas d'une préconisation externe (donneurs d'ordre, client ...). En effet, la pression des contraintes pesant sur l'orchestration des activités (délais, coûts, qualité, exigences de synchronisation, ...) conduisent souvent les différentes parties prenantes internes à exprimer un besoin d'outils et plus généralement d'instrumentation ;

définit comme un ensemble de « moyens conceptuels ou matériels visant à réduire la complexité et à simplifier le réel dans la conduite des entreprises » [Ber83].

Les principales motivations (fig. 3.3) justifiant la mise en place d'un système PLM sont très variées. On notera entre autres que la maîtrise des processus et la diminution des délais de développement représentent 36 % des attentes.

Par ailleurs, on remarque que dans 46 % des cas, la dimension technique est privilégiée par rapport aux dimensions managériales et humaines. De plus, les critères de choix technologiques sont assez variés, allant de la simplicité de la solution, en passant par l'ergonomie jusqu'à son interopérabilité.

Modalités du Choix de la solution Le choix de l'architecture cible n'est pas perçu comme une difficulté majeure. Dans la majorité des cas, le choix se fait naturellement en fonction de l'existant. On note toutefois les points suivants :

- Le choix est parfois imposé par le groupe pour les entreprises filialisées. Dans ce contexte, l'objectif poursuivi s'inscrit dans une volonté d'harmonisation des outils et des pratiques voire même de fédérer les scénarii d'interopérabilité des systèmes.
- Peu de tests sont réalisés en amont (15 % des entreprises réalisent des tests).
- Le « paradigme technocentrique » l'emporte encore largement aujourd'hui dans les pratiques (fig. 3.4) : les progiciels de gestion intégrés sont « implémentés » sans diagnostic social préalable [Gil01].
- Dans la grande majorité des cas, le ROI proposé par les éditeurs semble peu convaincant. Cette réponse est intéressante en ce sens que l'idée de la prédominance du critère financier dans les choix d'investissements, semble – en la matière – secondaire et il s'agit plutôt de s'inscrire dans une logique à dominante technico-économique de qualité et performance de la production.
- Le prix reste cependant un problème pour les petites entreprises (25 % des cas) et un argument dans le choix de l'outil.

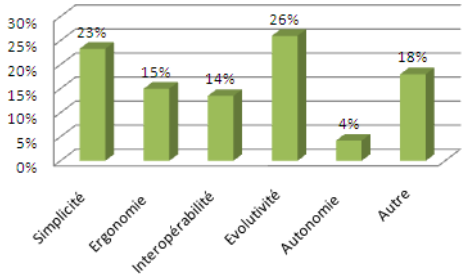


FIG. 3.4 – Principaux critères technologiques

Concernant l'étude préliminaire, il en ressort que les premières entreprises qui ont déployé un système PLM, n'ont pas consacré beaucoup de moyens sur l'étude préliminaire. La conviction profonde des dirigeants a été l'élément moteur. Toutefois cette tendance semble s'estomper, et même si le besoin est principalement interne, les entreprises consacrent de plus en plus de temps et de moyens sur les études préliminaires.

Axes de réflexion sur le projet PLM Le délai moyen de réalisation d'un projet PLM est de 13,5 mois. Ce délai est à pondérer selon les démarches différenciées que proposent les intégrateurs (Bottom Up ou Top Down). Par ailleurs, les autres résultats mettent en évidence que le déroulement du projet est caractérisé par les points suivants :

- 40 % des entreprises estiment qu'il y a des « coûts cachés» en l'occurence : les formations et les développements annexes, les frais de déplacement de l'intégrateur, une durée du projet largement au delà des attentes entraînant un surcoût de consultance. La perception des coûts cachés concerne tout à la fois un jugement des acteurs sur la conduite du projet d'investissement (l'ensemble des coûts concernant le périmètre impacté n'ont pas toujours été identifiés et/ou évalués avec réalisme) que les coûts induits par l'implantation et le fonctionnement en « vitesse de croisière » [Sav03].
- Il n'y a pas de reprise de données dans 15 % des cas.
- Au niveau des réflexions en interne, elles portent principalement sur :
  - Les données dans la plupart des cas (80 % des cas).
  - Les processus (43 % des cas).
  - L'organisation de l'entreprise pour l'adéquation avec le système mis en place, dans tous les cas.
  - L'intégration avec d'autre systèmes existants (ERP, CAO, ...)

Concernant les intégrations, la figure suivante (fig. 3.5) montre les différents axes de réflexion sur lesquels ont porté les questions d'intégration.

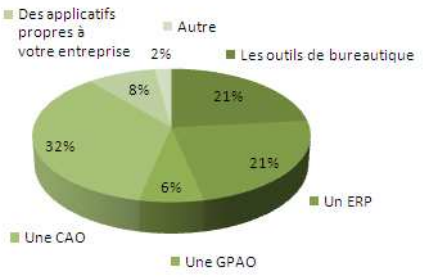


FIG. 3.5 – Domaine de réflexion sur l'intégration avec le PLM

Principaux éléments d'adaptation souhaités par les entreprises Concernant les adaptations sur la structure des données gérées par le PLM, elles sont pratiquement systématiques (+80 % des cas) sans pour autant poser des problèmes. Les difficultés restantes sont : les échanges de données et l'intégration avec la CAO.

Les difficultés de paramétrage du système sont beaucoup plus présentes, et concernent plus particulièrement les processus et la mise en adéquation avec l'organisation en place. Par exemple, 42 % des entreprises ont eu des difficultés pour définir les droits d'accès. Le mythe de l'organisation définitive et de la solution acquise définitivement, est encore prégnant. Il existe toujours la croyance selon laquelle une organisation tend vers un état d'équilibre définitif et une maîtrise durable des phénomènes. Dans un contexte de déséquilibres, d'incertitudes et de turbulences, ce sont des processus organisants permanents

qu'il faut mettre en place, les structures doivent restées ouvertes, évolutives, inachevées [Gen01] afin de mieux encadrer les négociations entre les acteurs [Del01].

Le poids accordé aux méthodologies d'implantation de l'objet technique est disproportionné avec celui des méthodologies de conduite du changement quand elles existent. Les prestataires de services possèdent rarement les profils de compétences adéquats pour appréhender toutes les facettes des changements véhiculées par la mise en œuvre et l'utilisation de solutions intégrées.

Globalement, la difficulté la plus répandue est de délimiter le périmètre du projet PLM tant pour les données que pour les processus.

L'acceptation du PLM par les utilisateurs Dans 25 % des cas, aucune action n'a été engagée pour impliquer les personnels dans le projet. Une approche de communication reste indispensable afin d'expliquer la stratégie menée et les enjeux associés [Sav03].

Les questions posées sur l'usage des systèmes PLM au sein de l'entreprise mettent en évidence l'existence de difficultés ou rejets des outils dans 45 % des cas. Ces rejets sont dus principalement aux dysfonctionnements du système, au refus d'utilisation du système et à la mauvaise ergonomie. Par ailleurs, malgré la formation en interne (66 %) et la mise en place d'une assistance technique, la plupart des entreprises notent des difficultés dans la façon dont le personnel appréhende le système.

L'utilisation du PLM comme support au travail collaboratif Les systèmes PLM sont particulièrement adaptés au travail collaboratif mais il reste des problèmes sur les processus de modification dans 30 % des cas. La figure suivante récapitule les principaux points de blocages.Par ailleurs, concernant la collaboration avec les partenaires, 40 % des entreprises ont eu à gérer une ouverture de leur système avec des partenaires ou des donneurs d'ordre.

Par ailleurs, concernant la collaboration avec les partenaires, 40 % des entreprises ont eu à gérer une ouverture de leur système avec des partenaires ou des donneurs d'ordre. Les éléments engagés à cette fin sont principalement : les modalités d'échange, et les échéanciers de réalisation.

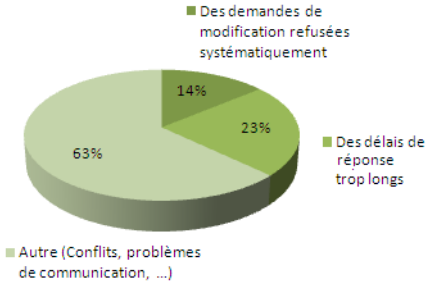


FIG. 3.6 – Blocages au niveau des processus de modification

L'utilisation du PLM pour gérer les processus La réduction des délais de développement et la maîtrise des processus sont l'une des attentes principales. Pourtant, malgré le travail d'analyse des processus, 30 % des processus définis ne sont pas exécutables dans le système PLM. Plus d'un tiers des entreprises considèrent que le travail sur les processus ne s'est pas fait suffisamment en amont du déploiement.

Dans ce cadre, la création même des outils est structurée et filtrée par les jeux d'acteurs ; d'autre part, leur usage devient conditionné par les effets de la transparence qu'ils produisent [Moi97] et apparaissent comme des auxiliaires discrets des intentions et des volontés qui ont présidé à leur élaboration [Ber83].

3.2.4 Analyse résultats de l'enquête

D'un point vue global, Les résultats de cette enquête mettent en évidence un certain nombre d'éléments concernant le déploiement et l'usage des systèmes PLM de manière générale.

Le **premier constat** est que le cadre initial et historique des grands groupes industriels qui mettent en place un système de gestion de données technique est largement dépassé. Des entreprises de toutes tailles et de tous secteurs ont initié la mise en place du PLM avec une approche d'optimisation globale de leur performance. Seules les TPE (Très petites entreprises) ont du mal à déployer ce type de système, ceci étant probablement dû à une offre peu adaptée à leur besoin.

Le **second constat** qui peut être fait à partir de cette enquête est que les entreprises qui ont mis en place un système PLM confirme l'importance de tels systèmes dans la structuration de leurs activités. Il reste néanmoins que le déroulement du projet PLM et son usage quotidien au sein de l'entreprise laisse apparaitre des difficultés non résolue à ce jour. Ces difficultés relèvent de niveaux différents :

- Les difficultés de modélisation surtout concernant les processus. La réflexion sur les modèles (Produit, Processus, Organisation) est l'étape initiale permettant d'adapter le système au fonctionnement de l'entreprise. Ce besoin d'adaptation est d'ailleurs présent au déploiement du projet ainsi qu'à tout moment dans l'usage du système.
- Les difficultés technologiques sont essentiellement dues à des problèmes d'intégration (intégration CAO, intégration ERP) et d'interopérabilité entre les systèmes.
- Les problèmes de conduite de changement qui sont toujours sous-évalués et qui posent de nombreux problèmes dans l'acquisition des pratiques professionnelles renouvelées. De plus, la formation en interne et l'assistance ne suffisent pas pour la conduite de changement (40% des cas).
- Les difficultés liées à la définition des droits d'accès et à l'identification des acteurs concernés dans les processus de décision sont dues a fortiori à des problèmes d'organisation de l'entreprise et aussi à un manque de souplesse et de flexibilité des SIP.

Notre analyse des résultats de l'enquête nous a permis d'identifier un certain nombre de besoins industriels.

1. Le premier besoin concerne les méthodologies de déploiement pour réduire les délais

du projet et qui soient moins centrées tant sur les données que sur les processus. Il parait essentiel de proposer des méthodologies qui doivent s'attacher en l'analyse de problèmes d'intégration globale du PLM vis-à-vis des autres composants du système d'information.

2. Le second besoin concerne la mise en place d'une véritable politique de conduite du changement de la dimension sociale articulée et synchronisée aux évolutions du système technique.
3. Le troisième besoin est un besoin de pilotage. Il s'agit notamment de proposer des indicateurs qui puissent permettre d'évaluer le système et d'optimiser les processus.
4. Enfin, le dernier besoin concerne l'agilité globale du système. En effet les entreprises ont besoin de systèmes PLM agiles qu'elles puissent adapter en permanence selon la pression ou le poids des contraintes de l'environnement.

3.3 Analyse des freins au travail collaboratif

3.3.1 Des freins liés aux SIP

L'analyse des réponses au questionnaire nous permet aussi de mettre en évidence les difficultés dans la mise en œuvre du PLM et dans son utilisation quotidienne, notamment dans le cadre d'une activité collaborative. Ainsi, nous proposons d'identifier certains freins ou points de blocage concernant les processus collaboratif au sein d'un PLM.

Dans une première analyse des résultats, deux grandes catégories de problèmes peuvent être distinguées :

1. *Manque de souplesse des structures organisationnelles*
   La gestion des accès en lien avec les niveaux organisationnels est trop contraignante et ne permet pas une vision globale des capacités d'accès des utilisateurs. Cela est particulièrement vrai en cas de collaboration entre différents partenaires industriels où la relation de confiance a une importance vitale (réactivité, partage des coûts et de la valeur, ...).
2. *Manque de souplesse des processus*
   La volonté de maîtriser l'ensemble des processus métiers de l'entreprise conduit les responsables à mettre en place des processus sur un très grand nombre de données géré par le PLM. Cela à notamment pour conséquences :
   - d'alourdir le travail des acteurs en multipliant les tâches de validation,
   - d'affaiblir les capacités réactives de l'entreprise face au besoin client,
   - de produire des effets de bore sur les données qui sont de fait multi-impactées (surcroit de notification, etc.),
   - d'alourdir la maintenance de ces systèmes où les processus sont gérés par les cycles de vie.

Afin d'appréhender les problèmes identifiés, si parallèlement on analyse le contexte organisationnel des PME/PMI, l'on constate que :

1. *D'un point de vue organisationnel*
   Du fait des petites structures des PME/PMI les différents acteurs se voient attribués différentes tâches et responsabilités dans un projet donné. Cette combinaison

des responsabilités donne lieu à des relations informelles, qui jouent un rôle important dans de telles structures.

2. *D'un point de vue processus*

   Au niveau macro, les processus métiers sont caractérisés par une formalisation rigide tandis qu'au niveau micro, ils sont caractérisés par une grande flexibilité. Cela s'explique par le besoin de supporter les relations informelles présentes dans l'entreprise.

3.3.2 Des freins liés au travail collectif

Dans un contexte où l'action globale est répartie sur plusieurs acteurs, cette répartition implique nécessairement une décomposition de la finalité globale en multiples objectifs répartis sur les acteurs, avec les risques bien connus de conflits de logiques d'acteurs. Si la finalité globale reste présente, un des enjeux de l'action collective est donc l'articulation de logiques d'acteurs différentes et souvent antagonistes, acteurs qui en arrivent logiquement et même légitimement à privilégier leurs objectifs propres en perdant parfois de vue la finalité ultime de l'action partagée dans laquelle ils sont engagés [GL04]. De plus, ces comportements ne s'expliquent pas toujours par l'absence de volonté de tenir compte des objectifs des autres acteurs. En effet, aux éventuels conflits de logiques d'acteurs s'ajoute la difficulté à faire en sorte que les contraintes et objectifs des uns puissent être connus et partagés par les autres. On peut ainsi buter sur une difficulté à faire circuler l'information au bon moment ou sur une difficulté plus profonde à partager la connaissance, c'est-à-dire pour chacun à comprendre les contraintes des autres [SP02].

Par ailleurs, bien que l'on puisse qualifier étymologiquement de "collaboratif" tout processus collectif débouchant sur un résultat, on pourra très bien considérer à certains moments ou pour certaines activités que des acteurs sont au contraire clairement engagés dans un processus non collaboratif, à partir du moment où chacun tirant de son coté, le produit global de cette action collective est nettement en dessous qu'il pourrait ou devrait être [SP02]. Cela peut conduire à des ruptures locales où globales de la production collective. Il est du reste pertinent de considérer que le conflit est inhérent à tout processus d'action collective et doit être assumé et géré tant que tel [Ros04].

On note également que l'écart entre le fonctionnement prescrit et le fonctionnement réel est analysé souvent en termes de dysfonctionnements. Le maillage organisationnel tend le plus souvent à réduire les espaces d'autonomie des acteurs au profit des outils de pilotage et de gestion de projet. On observe qu'il n'en est rien et que les acteurs déplacent ces espaces d'autonomie et les recréent [SP02], [CF81].

Simatupang et Sridharan in [FDD03] mentionnent plusieurs formes de contraintes minant les relations entre organisations. Ils citent notamment :

- les différences entre les objectifs de chaque organisation ;
- les désaccords sur le domaine de décision et d'action de chacune ;
- les écarts de perceptions de la réalité et l'asymétrie informationnelle ;
- les mesures de performance inappropriées favorisant la performance locale au détriment de la performance de l'ensemble ;
- les règles de décision dépassées ;

- la discordance entre les systèmes d'incitation (récompense et punition) des organisations qui ne permettent pas à ces dernières d'ajuster et de corriger leurs décisions de manière à maximiser le profit de l'ensemble.

De plus, l'étude des groupes de projet et la compréhension des mécanismes de leur fonctionnement implique que l'on intègre les spécificités qui leur sont propres, par exemple [Fie94] :

- double appartenance des membres du groupe, qui en plus de leur mission dans le groupe occupent un poste opérationnel dans leur service d'origine ;
- existence formelle du groupe de projet limitée par la durée du projet et possibilité d'une dissolution de l'équipe projet dans la phase de diffusion ;
- utilisation de cette forme d'organisation dans le cadre de projets pouvant entraîner des remises en question (tant organisationnelle qu'au plan personnel) au sein de l'organisation, etc.

3.4 Proposition de structuration en cause-effet

3.4.1 L'approche proposée

A partir de l'analyse détaillée des résultats de l'enquête et de l'étude des différentes formes de contraintes dans le travail collaboratif, nous nous sommes appuyés sur le modèle cause-effet (appelé aussi la théorie d'action), présenté précédemment (cf. sec. 2.2), dans l'optique de déceler les causes du blocage au travail collaboratif.

Le diagramme causes-effet est une représentation graphique simple qui, pour un effet (un défaut, une caractéristique, un phénomène...), tente d'identifier l'ensemble des causes, des facteurs potentiels pouvant l'affecter. Construire un diagramme Causes-Effet, c'est construire une arborescence, qui de l'effet (phénomène à étudier = tronc) va remonter dans toutes les causes possibles (branches), dans les causes secondaires (petites branches), et jusqu'aux détails (feuilles).

Ainsi, nous avons classifié les causes du blocage au travail collaboratif dans les systèmes d'information de type PLM selon quatre classes. Cette liste n'est probablement pas exhaustive, mais elle nous permet de formaliser des catégories de freins au travail collaboratif.

Les problèmes Techniques La mise en place d'un système PLM nécessite une réflexion autour des processus métiers et implique dans quelques cas une ré-ingénierie des processus. Ainsi le degré de formalisation des processus métiers peut influencer la mise en correspondance avec le système, et donner à lieu à une complexité technique dans la mise en œuvre effective de l'exécution des processus.

Par ailleurs, l'utilisation d'outils comme la CAO peut être très consommatrice de ressources système et peut donc réduire les performances et mener à une surcharge des réseaux. Des accès lourds aux réseaux des différents sites sont parfois sources de blocage dans le travail collectif.

Enfin, les bugs répétés du système sont également très répandus dans les organisations, et entraînent souvent des réticences de la part des utilisateurs.

Les problèmes de Comportement Ils sont centrés sur les attitudes et comportements de l'individu dans le cadre d'un travail collectif. A cet égard, plusieurs facteurs sont à prendre en considération :

1. *L'équation personnelle des acteurs.* L'équation personnelle est la résultante des croyances, valeurs, attitudes, aspirations individuelles, motivations, capacité d'action, expertise, expériences passées dans ce type de situation, etc. de l'individu. C'est la "personnalité" de l'individu appréhendée d'une façon globale à un moment donné. Elle est la résultante de son histoire personnelle, de ses caractères innés et de son acquis, mais aussi du contexte et de la situation actuelle (le contexte où elle s'inscrit) et de la perception qu'il a de l'avenir [Fie94]. A titre d'exemple, des personnes plus âgées peuvent parfois être plus réticentes à s'adapter au système et aux nouvelles technologies en général.
2. *Le leadership du manager.* Il s'agit en l'occurence, de sa capacité à amener les membres de l'équipe à accomplir leur tâche volontairement, à les mobiliser, les motiver, leur faire faire des choses. Le leadership se matérialise dans le cadre des relations et des interactions que le responsable du projet a avec les membres de l'équipe. C'est un processus d'influence, qui s'exerce par l'intermédiaire de son charisme personnel, de sa personnalité, de sa capacité à rallier les membres de l'équipe autour d'une vision du futur et à la leur faire partager.
3. *Les relations et interrelations entre l'ensemble des acteurs.* L'influence du groupe sur l'implication individuelle et l'engagement dans le travail collaboratif s'exerce, entre autres, par la normalisation des comportements et le renforcement mutuel vis-à-vis des objectifs fixés, les affinités et la cohésion entre les membres du groupe. L'influence du groupe se traduit par la création d'une norme de comportement à avoir par rapport au projet. Les relations et interrelations entre les membres du groupe donnent un niveau de cohésion au groupe. L'influence qu'exerce le responsable du projet sur les membres du groupe se fait à partir de son leadership, de la vision qu'il transmet et du "cadre de travail - ou climat" qu'il contribue à créer, de sa relation au groupe et à l'individu.

   Les relations au sein d'un groupe collectif sont influencées par le contexte organisationnel au sein duquel son action s'inscrit. Les relations et interactions entre les membres du groupe et les autres membres de l'organisation, la mission confiée, mais aussi la culture et l'histoire de l'entreprise, ses mécanismes - règles et procédures, sa situation économique etc. agissent sur les relations qui s'établissent dans le groupe.
4. *L'implication dans les travaux collectifs.* L'implication décrit l'importance que l'individu accorde à son rôle dans le groupe, l'investissement et l'énergie qu'il met en œuvre dans le cadre de l'activité du groupe de projet. L'implication est une attitude qui se traduit par des comportements qui marquent un intérêt, un investissement, une participation active dans les travaux du groupe, elle trouve son origine dans la relation entre l'équation personnelle de l'individu et la situation.

Les problèmes d'organisaton Le déploiement du système PLM implique toujours une réflexion sur la division du travail et la répartition des rôles. Ainsi, une mauvaise répartition des tâches et des responsabilités, ainsi qu'une limitation des droits d'accès peuvent causer des réticences à l'utilisation du système et autres « blocages » dans

l'organisation. Par ailleurs, la complexité liée à la gestion des droits d'accès dans les systèmes PLM peut encore accentuer les blocages.

Le degré de formalisation des procédures de travail est également un facteur important à prendre en considération. En effet, une formalisation assez rigide peut engendrer des problèmes de réalisabilité (faisabilité), ainsi qu'un manque de flexibilité au sein du système.

Par ailleurs, l'instabilité des modèles de données et de processus dans le temps donnent souvent lieu à des problèmes d'adaptation des acteurs face aux évolutions, générant ainsi des réticences quant à l'utilisation du système. Finalement, le contournement des processus définis dans le système est un facteur non négligeable de blocages dans le travail collaboratif.

Les problèmes de Coordination Les délais de réponse trop longs, les problèmes de communication, dus entre autre à la crainte de perte du savoir-faire, ou encore au sentiment d'exclusion, sont des facteurs qui interviennent de façon significative dans la coordination et la qualité du travail collaboratif. Les problèmes de coordination et de communication sont récurrents et aboutissent à des difficultés et blocages dans le travail de groupe.

3.4.2 Le modèle cause-effet résultant

Comme décrit précédemment, nous avons recensé les problèmes dans le travail collaboratif, que nous avons classé pour en déduire les causes. Nous avons classifié les causes du blocage en quatre familles : Technique, Organisation, Comportement, et Coordination. Chacune des quatre familles est décomposée en sous-famille (et ainsi de suite). Le modèle causes-effet résultant est présenté dans la figure ci-dessous.

Ce modèle n'a pas la prétention d'être exhaustif, notons que d'autres facteurs peuvent être pris en considération pour complémenter notre modèle.

3.4.3 Les limites du modèle causes-effet résultant

La technique causes-effet est un outil de base de la gestion de la qualité qui a fait ses preuves pendant longtemps dans les cercles de la qualité et dans les formations d'accompagnement à la mise en place de procédures qualité dans les entreprises. De ce fait nous n'allons pas nous attarder sur l'inventaire de tous les avantages de la technique et de son application. Nous allons par contre énumérer certains avantages qui, selon notre opinion, sont les plus importants et les plus pertinents :

1. Recensement simple, rapide et sans oubli des causes en se basant sur un travail de groupe.
2. Classification et hiérarchisation selon les familles et sous-familles.
3. Une représentation graphique claire et lisible.
4. Établissement d'un consensus du groupe de travail sur l'importance des causes.

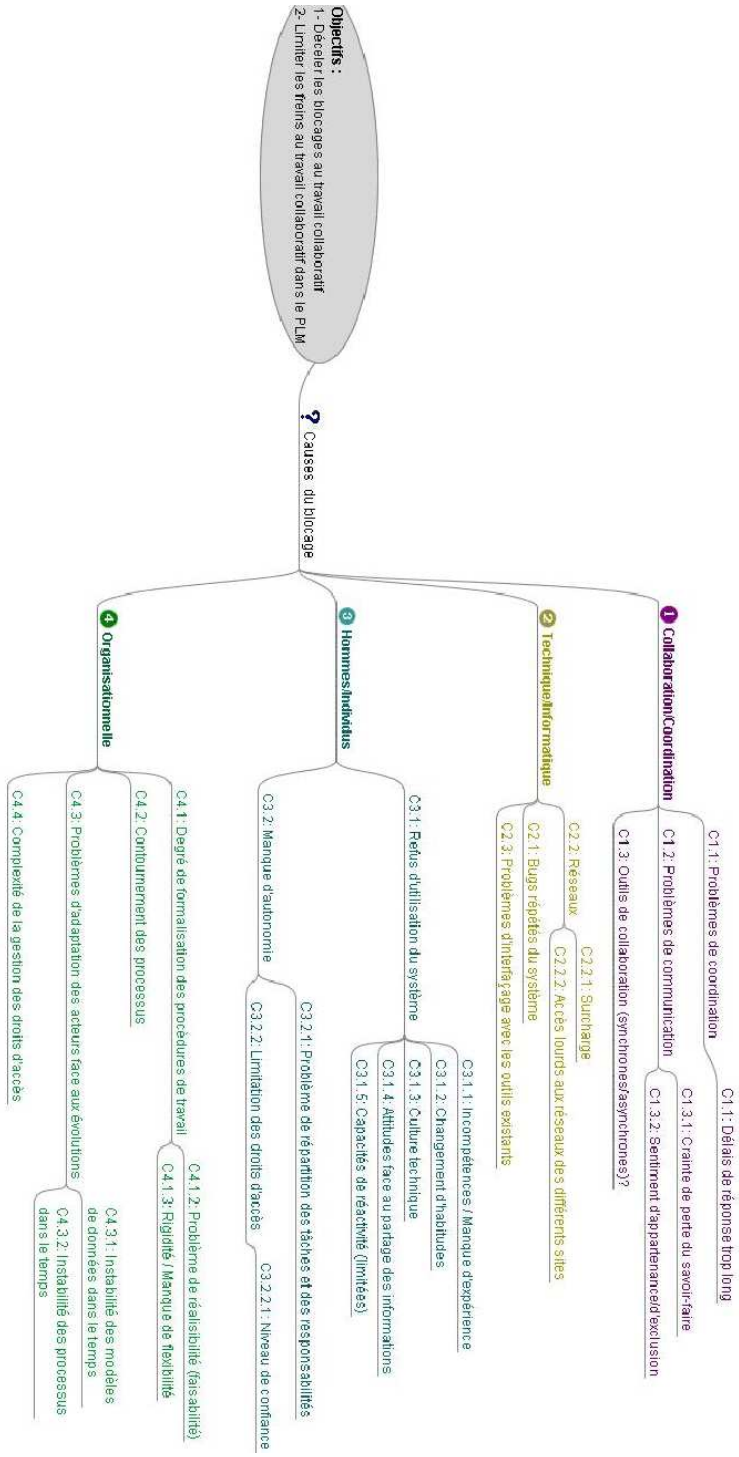


FIG. 3.7 – Identification de quelques freins au travail collaboratif dans le PLM

En appliquant la technique causes-effet, nous avons constaté un certain nombre d'inconvénients inhérents à l'utilisation d'une telle technique. Il s'agit d'un manque de précisions sur quelques notions, à savoir la notion de causes profondes [Elo03] et celle de

critère de mesure de pertinence qui, selon nous, sont d'une grande importance quant à l'aboutissement à un travail précis d'analyse des causes. En deuxième lieu le manque de précision sur le degré de l'importance des causes peut s'avérer pénalisant si l'on désire savoir le degré d'impact de chaque cause sur l'effet en lisant le diagramme.

3.5 Conclusion

L'objet de ce chapitre était d'analyser les freins au travail collaboratif au sein des systèmes d'information de type PLM. Cette analyse se fonde d'une part sur l'analyse de l'état de l'art autour du travail collaboratif en général, et d'autre part sur une enquête réalisée au sein d'entreprises industrielles dans le cadre d'un projet Cluster. Cette enquête a permis de mettre en évidence certains points de blocage dans l'usage des systèmes PLM de façon globale ; suite à quoi nous nous sommes focalisés sur les aspects ayant trait à la collaboration et aux processus. Par la suite, après analyse, nous avons souhaité proposer un modèle de représentation cohérent de ces points de blocage. Cette représentation est le support à la construction d'une démarche corrective. Cette démarche corrective qui est présentée dans le chapitre suivant repose sur une démarche de régulation à base d'indicateurs spécifiques.

4

Démarche pour l'amélioration du travail collaboratif au sein du SIP

Sommaire

4.1 Introduction 91
4.2 Approche d'observation et d'analyse des traces dans les SIP 92
4.2.1 Processus de génération d'éléments abstraits 92
4.2.2 Processus de traitement des éléments générés 94
4.2.3 Contraintes liées à l'observation et à l'analyse des traces . 95
4.3 Méthodologie de construction des indicateurs de suivi . 96
4.3.1 Construction d'indicateurs élémentaires 96
4.3.2 Construction d'indicateurs flous 97
4.3.3 Contraintes des modèles d'indicateurs 103
4.4 Pilotage de la collaboration et démarche décisionnelle . 104
4.5 Conclusion 106

4.1 Introduction

Comme nous l'avons présenté dans les chapitres précédents, notre principale problématique se situe autour du travail collaboratif au sein d'un système d'information spécialisé et dédié à la gestion du cycle de vie des produits. Le chapitre précédent (cf. chapitre 3) nous a permis de mettre en évidence les freins au travail collaboratif. Face à cet enjeu, l'objet de ce chapitre est de présenter une démarche globale permettant d'atténuer ces freins, à défaut de les supprimer. Pour cela notre principale action se situe au niveau de l'observation. En effet, à défaut de mettre en place les mécanismes automatisés de régulation, nous pensons qu'il est essentiel de fournir aux managers des outils de suivi du travail collaboratif qui permettent de détecter des anomalies. Ainsi grâce aux fonctions de traçabilité des SIP, nous proposons la construction d'indicateurs quantitatifs et qualitatifs. Pour ces derniers nous définissons une approche basée une logique dite floue.

Ce chapitre se décompose en trois parties.

- La première partie présente l'approche d'observation autour de l'analyse des traces d'activités générées par le système d'information.
- La seconde partie propose une méthodologie de construction d'indicateurs basée sur la logique floue pour traiter l'évaluation qualitative.
- La troisième partie présente l'intégration de ces indicateurs dans un cadre de pilotage décisionnel.

4.2 Approche d'observation et d'analyse des traces dans les SIP

La plupart des SIP s'appuient sur des modèles qui définissent classiquement une décomposition multi-composants dite PPO : Produit, Processus, Organisation (cf. chapitre 1.3). Par ailleurs, l'une des caractéristiques fonctionnelles fondamentales de tels systèmes concerne le besoin de capitalisation de l'activité globale de développement du produit. Cela implique la mise en œuvre de mécanismes de traçabilité très développés sur l'ensemble des composants PPO. La traçabilité des modèles PPO constitue une action essentielle du SIP, permettant ainsi de conserver un historique du déroulement ainsi que de l'évolution des activités.

La traçabilité liée au "modèle de Processus" contribue à assurer deux rôles majeurs au sein du SIP. En premier lieu, il s'agit de conserver un ensemble de traces. Ces traces sont constituées à partir des modifications d'état des éléments du processus (les objectifs, les activités). Il s'agit de sauvegarder tous les états de toutes les activités ainsi que les conditions de changement de ces états. Le second rôle est directement lié à la fonction « call back » (ou retour en arrière) qui peut s'effectuer sur une activité en cas d'erreur.

La traçabilité liée au "modèle de Produit" s'effectue suivant deux modes. Le premier mode concerne l'historisation des objets. Le second mode de traçabilité concerne les interactions qui ont eu lieu sur ces objets et dont certaines vont donner lieu à des changements d'états. Ce mode résulte donc des activités au sein du système.

Finalement, tous les éléments des modèles instanciés dans le système participent aux développements du Produit. Toutefois, ces éléments ne contribuent pas de la même manière aux processus collaboratifs. Il s'agit d'identifier les objets (classe de document, modèle CAO spécifique, ...) et les flux de contrôle présents dans les processus (données collaboratives), représentant un élément de base pour mettre en place notre processus d'observation.

4.2.1 Processus de génération d'éléments abstraits

Afin de déceler les différents freins au travail collaboratif et d'analyser leurs conséquences pour proposer des pistes d'actions ; la première démarche que nous entreprenons consiste à mettre en place un processus d'observation de l'activité de collaboration. A cet effet, une instrumentation du système s'avère importante. La mise en place de cette instrumentation nécessite plusieurs sources d'observation. Il est donc possible de les combiner pour obtenir une image plus précise de l'activité menée par l'utilisateur.

Dans nos travaux, nous nous sommes focalisés sur les traces brutes produites par

l'action explicite de l'utilisateur au sein du système, à savoir celles générées dans les fichiers de log. En effet, comme l'avons vu avant, les systèmes d'information produit sont dotés de grandes capacités de traçabilité, mettant à notre à disposition différentes sources pour effectuer un suivi des activités. Nous nous basons également sur une deuxième source qu'est la base de données du système.

L'instrumentation du système consiste en la mise en place d'un processus de génération des traces abstraites ; ce dernier se veut comme une approche unifiée de formalisation des traces numériques brutes afin de faciliter le processus d'interprétation. Cette approche s'appuie sur des transformations successives en prenant en compte les différentes contraintes associées à l'observation en général (action exécutée, explicité des traces, ...) afin d'obtenir un volume adéquat de traces au bon niveau de granularité pour l'analyse envisagée.

Pour la mise en place du processus de génération d'éléments abstraits, nous nous inspirons des travaux concernant l'approche par les agents (cf. Chapitre 3). Ses travaux identifient plusieurs types d'agent d'observation : agent collecteur, agent historique, agent de structuration, agent statistique, agent visualisation, etc. L'observation des pratiques de travail, nous permettra dès lors d'identifier l'ensemble des données participant aux différentes activités collaboratives. L'exploitation de celles-ci se fera par la suite à l'aide d'un certain nombre d'indicateurs de suivi.

A ce titre, nous décrivons le processus de génération d'éléments abstraits à partir des logs comme suit :

Collection/recueil d'informations

La génération d'éléments abstraits à partir des fichiers log est un processus complexe qui nécessite de nombreuses opérations (nettoyage, annotations, ...). Il s'agit de sélectionner et préparer des données qui permettront d'extraire les informations concernant les différentes actions menées.

Afin de mettre en place une expérience d'observation, un travail de modélisation sur les étapes de filtrage et de structuration est nécessaire, c'est l'objet de l'étape suivante.

Structuration des informations collectées

Il s'agit de la transformation des données collectées en un contexte d'extraction. Celui-ci représente un triplet constitué des paramètres suivants (activité, objet, acteur) [EKPDB08a].

- Activité : il s'agit de toute tâche opérationnelle effectuée dans le système, ce peut être une tâche de : création, modification, suppression, gestion des liens, gestion de statut, verrouillage, visualisation, gestion d'indice, recherche d'informations, etc.
- Objet : il correspond à l'ensemble des artefacts utilisés au niveau de la collaboration (produit, information, application, ...). Les informations manipulées au sein du système peuvent être : les documents, les modèles CAO, les pièces de composition, les modèles de processus, etc.
- Acteur : il s'agit des différents utilisateurs du système, participants internes et externes compris.

Dans nos travaux, nous ne traitons pas les aspects de fusion des différentes sources d'observation de différents types (formats de texte, images, ...). En effet, les seules sources utilisées sont les fichiers log et la base de données.

Identification des données collaboratives

Cette étape consiste en la découverte des triplets fréquents via une fonction de mesure, et le seuil associé. Cette fonction prend en paramètre les triplets identifiés à l'étape précédente. La mesure peut être le nombre d'occurrence, la durée, la fréquence, etc. Exemple : fréquence d'un objet donné, nombre de modification important, nombre d'accès par plus deux acteurs, etc. Cette étape correspond en quelque sorte à la phase de filtrage.

4.2.2 Processus de traitement des éléments générés

Après le processus de génération d'éléments abstraits à partir des sources d'observation, vient le processus d'exploitation des traces générées. Ce processus est décrit dans ce qui suit.

Mesure des indicateurs

La mise en évidence des problèmes rencontrés s'appuie sur l'interprétation d'indicateurs de suivi. La mise en place des indicateurs est un processus qui s'appuie sur des traitements spécifiques de façon à obtenir des grandeurs en cohérence avec les objectifs fixés ; ces grandeurs sont alimentées grâce au processus de génération d'éléments abstraits, présenté ci-avant. Elle est décrite dans la section 5.3.

Enfin, les besoins en termes d'outils de notification et de visualisation sont indispensables afin de faciliter l'interprétation des résultats obtenus via les indicateurs. Ces besoins sont décrits dans les étapes qui suivent.

Notification du régulateur

Aux indicateurs mesurés sont associés des niveaux d'alerte et des seuils de déclenchements. Ces derniers sont définis par le régulateur (expert ayant des connaissances dans le domaine de la logique floue). Ces valeurs sont subjectives ; le régulateur sera ainsi notifié dès l'atteinte d'un seuil.

Visualisation

Cette étape consiste en la mise en place des tableaux de bord. Il s'agit de doter le régulateur d'un ensemble de déductions fiables pour l'aider à prendre des décisions ciblées. Les décisions prises peuvent mener à une restructuration des processus et des règles du jeu, et ensuite à communiquer autour des nouvelles règles auprès de tous les acteurs. Le processus de communication est décrit dans la section 4 de ce chapitre.

La figure suivante illustre les deux processus ainsi décrits.

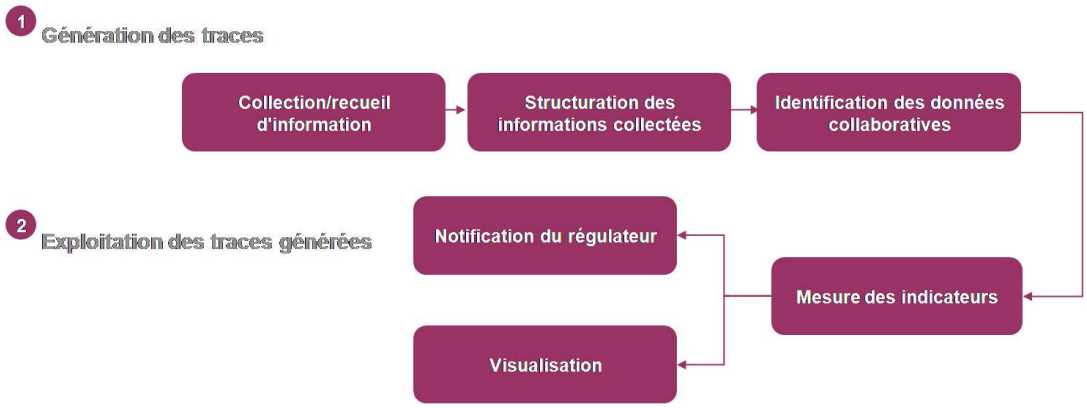


FIG. 4.1 – Processus de génération et d'exploitation des traces

4.2.3 Contraintes liées à l'observation et à l'analyse des traces

Nous avons présenté au niveau de cette section une approche d'observation et d'analyse des traces dans les SIP, qui s'appuie sur deux processus génériques : le premier consiste en la génération d'éléments abstraits à partir des sources d'observation ; le second décrit le traitement des éléments générés. Il y a cependant un certain nombre de facteurs complexes et de contraintes auxquels il faut faire face avant de procéder au processus d'analyse des traces :

1. Nous avons limité nos travaux principalement à l'observation des traces d'exécutions, complétées par les bases de données. Cette observation peut néanmoins résulter en un nombre réduit de données, limitant ainsi le scope des interprétations possibles. D'autres sources d'observation comme les échanges directs entre acteurs peuvent être utilisées et compléter les interprétations. En effet, une des causes du blocage s'apparente au contournement des processus ; ce dernier peut s'illustrer par un échange de documents via le mail au lieu d'utiliser le système. Un tel échange peut être identifié à travers l'observation des flux smtp.
2. Des questions se posent quant au périmètre du travail collaboratif supporté par l'approche d'observation. En effet, dans nos travaux nous avons considéré uniquement les processus instanciés dans le SIP. Limitant ainsi le spectre des observations et par la suite le repérage des causes du blocage au niveau de la collaboration.
3. Les traces d'exécution peuvent contenir du bruit, c'est-à-dire, des parties de traces d'exécution peuvent être incorrectes ou inachevées. En effet, des événements peuvent être collectés inexactement en raison d'erreurs humaines ou techniques, par exemple. De plus, quelques événements peuvent être absents dans les traces d'exécution si une partie de la tâche est manuelle ou manipulée par un moyen analogue, ou une autre unité d'organisation, notamment l'envoi de fichier à travers une messagerie au lieu de passer par le système.
4. La collecte des traces d'exécution peut causer des problèmes légaux. Généralement, les traces d'exécution peuvent être utilisées pour mesurer systématiquement

les performances des utilisateurs. La législation en ce qui concerne des problèmes tels que la confidentialité et la protection des données personnelles diffère d'un pays à un autre. Par exemple, des compagnies françaises sont liées par la loi personnelle de protection de données qui est basée sur une directive de l'union européenne. Les traces d'exécution de la plupart des systèmes de workflows contiennent des informations sur les utilisateurs, cette contrainte devrait être prise en considération. Néanmoins, nous pouvons enlever ce type d'information sans gêner notre processus de découverte.

4.3 Méthodologie de construction des indicateurs de suivi

Pour tenter de diminuer ou de faire disparaître un problème lié à la qualité, il faut connaître toutes les causes qui peuvent lui donner naissance, puis en cherchant leur poids relatif - via des indicateurs -, on peut déterminer sur quelles causes agir en priorité. Cette section décrit la méthodologie de construction des indicateurs permettant d'assurer le pilotage de l'activité collaborative.

4.3.1 Construction d'indicateurs élémentaires

Nous proposons de construire des indicateurs de suivi afin d'analyser et repérer les manques de fluidité. Leur mise en place permet d'offrir un environnement de suivi et de pilotage continus des processus collaboratifs. En effet, la mise en évidence des problèmes rencontrés s'appuiera sur l'interprétation d'indicateurs alimentés par les processus d'observation. Ainsi, il convient de préciser les différentes dimensions pertinentes caractérisant l'activité collaborative.

A cet égard, nous avons adopté le modèle cause-effet afin d'appréhender cette étape de construction des indicateurs. Rappelons que ce modèle consiste à :

1. identifier les objectifs visés ;
2. recenser les problèmes qui influent l'atteinte des objectifs fixés et en déduire les leviers d'actions ;
3. recenser les indicateurs correspondants.

Les première et seconde étapes étant déjà réalisées à partir de l'étude des freins au travail collaboratif menée au niveau du (cf. chapitre 3). En effet, on avait identifié quatre classes de causes de blocage au niveau du travail collaboratif, il s'agit des : problèmes de Gestion, problèmes Techniques/Informatique, problèmes de Comportement, et problèmes de Coordination/Communication.

Nous avons donc procédé à l'identification d'un certain nombre d'indicateurs (dernière étape du modèle causes-effet). Ces derniers sont associés aux quatre classes de la structure "causes-effet". L'ensemble des indicateurs générés est présenté dans la figure qui suit.

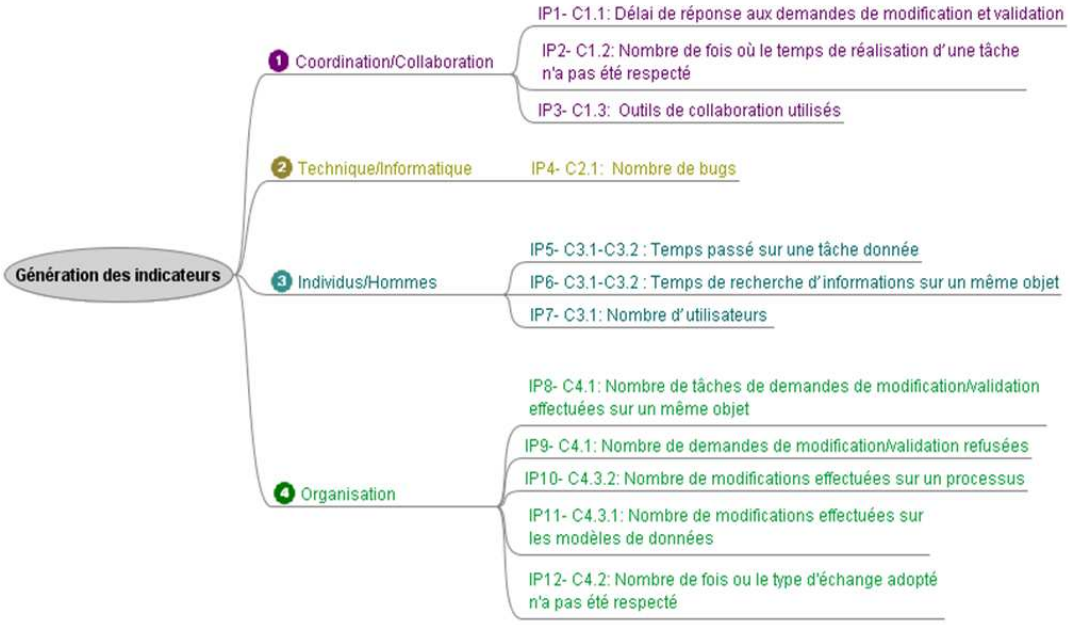


FIG. 4.2 – Les indicateurs de suivi correspondant à la structure cause-effet

Nous appelons ainsi ces indicateurs "élémentaires" car ils sont associés chacun à une cause donnée. Néanmoins, il y a des causes composant notre structure causes-effet auxquelles aucune grandeur ne peut être associée ; c'est la cas notamment de la cause "Culture technique de l'utilisateur". C'est pour cela que le nombre d'indicateurs défini ne correspond pas au nombre de causes recensées. Aussi, ni la liste des indicateurs, ni celle des causes n'ont la prétention d'être exhaustives, d'autres éléments peuvent revenir en complément.

De plus, il est des cas où les indicateurs définis ne peuvent pas être alimentés à partir des éléments observés. A cet égard, la sollicitation d'autres sources d'observation s'avère nécessaire.

4.3.2 Construction d'indicateurs flous

Pourquoi la logique floue ?

Une critique attribuée au modèle cause-effet est que la relation "causes-effet" peut donner lieu à une structure non linéaire plus proche d'interactions en boucle, avec des niveaux variables de corrélation [BC01]. L'intérêt de la logique floue pour la construction d'indicateurs est donc motivé par le constat suivant : « Présence d'une interdépendance entre les différents facteurs composants la structure causes-effet ». En effet, quelques facteurs peuvent influencer significativement plusieurs objectifs simultanément ; c'est le cas par exemple du "refus d'utilisation du système" qui peut être causé à la fois par des problèmes organisationnels (comme les problèmes d'adaptation face aux évolutions) et par des problèmes techniques (tel les bugs répétés).

Pour pallier à cette contrainte, nous avons jugé nécessaire d'appréhender les corrélations qui peuvent exister entre les différents indicateurs [EKPDB08b], par l'application de la technique de la logique floue (Cette méthode est présentée dans le chapitre 3). L'objectif étant de quantifier des éléments que l'on souhaite évaluer, par exemple "les problèmes d'adaptation face aux évolutions".
En effet, la logique floue permet de prendre en compte plusieurs variables et effectuer de la « fusion pondérée » des grandeurs d'influence [CG98]. Le fonctionnement doit être décrit par des qualificatifs globaux traduisant l'état approximatif des variables.

L'outil le plus utilisé pour répondre à notre objectif est la base de règles floues [Zad97]. Une base de règles floues est composée de règles qui sont généralement utilisées en parallèle. Nous exposons dans ce qui suit l'approche développée pour la construction des indicateurs, que nous appelons "indicateurs flous".

Variable linguistique – Entrées	**Désignation**	Terme linguistique
Nb-ModifDataModel	Nombre de modifications effectuées sur les modèles de données	trop élevé, trop faible
Nb-ModifProcessModel	Nombre de modifications effectuées sur les modèles de processus	trop élevé, trop faible
Tps-RealisationTâche	Temps passé sur une tâche donnée	trop long
Tps-RechercheInfos	Temps de recherche d'informations	trop long
Nb-Users	Nombre d'utilisateurs	trop faible
Tps-RechercheInfos	Temps de recherche d'informations	trop long
DelaiReponse	Délai de réponse aux demandes de modification et de validation	trop long
Nb-TpsRealisation NonRespecte	Nombre de fois où le temps de réalisation d'une tâche n'a pas été respecté	trop élevé, trop faible
Nb-Bugs	Nombre de bugs	trop élevé

TAB. 4.1 – Les variables linguistiques définies en entrée

Approche de construction d'indicateurs flous

L'approche proposée pour la construction des indicateurs, que nous appelons "flous" consiste en trois étapes détaillées ci-après.

Etape 1 : Paramétrage

(1.1) Définir les variables linguistiques d'entrées

Il s'agit de variables numériques appliquées en entrée, au niveau de la phase de Fuzzification. Nous définissons neuf variables d'entrées. Celles-ci correspondent aux indicateurs de suivi définis dans la section précédente.

(1.2) Définir les variables linguistiques de sorties

Il s'agit de variables numériques appliquées en sortie, au niveau de la phase d'Inférence. Nous avons identifié cinq variables, représentant les grandeurs que l'on souhaite mesurer et observer.

Variable linguistique – Sorties	Désignation	Terme linguistique
Var-Adaptation	Problème d'adaptation face aux évolutions	trop important
Var-Autonomie	Manque d'autonomie	trop important
Var-RefusUtilisation	Refus d'utilisation du système	trop important
Var-CoordinationCommunication	Problème de coordination et de communication	trop important
Var-TechniqueInformatique	Problème technique et informatique	trop important

TAB. 4.2 – Les variables linguistiques définies en sortie

(1.3) Définir l'ensemble flou et les termes linguistiques

L'ensemble flou doit être défini pour chacune des variables d'entrées. Il permet d'introduire la gradualité. Ainsi il faut lister les grandeurs qualitatives à prendre en compte, préciser quand elles sont vraies et fausses ; ces grandeurs deviendront les termes linguistiques de la base de règles. Les termes linguistiques (associé à une fonction d'appartenance) que nous adoptons pour la caractérisation des variables linguistiques d'entrée sont : « trop élevé », « trop faible », « trop long ».

(1.4) Définir les fonctions d'appartenance

La fonction d'appartenance fait correspondre à toute valeur d'entrée x son degré d'appartenance (valeur comprise entre 0 et 1) à l'ensemble flou. Pour nos développements, nous considérons ici les fonctions d'appartenance linéaires par morceaux. Pour des raisons de généralisation, nous spécifions deux paramètres (Ai,min, Bi,max), A et B étant respectivement les seuils min et max de la fonction d'appartenance, associés à la variable d'entrée i. Globalement, ces paramètres doivent être fixés par un expert.

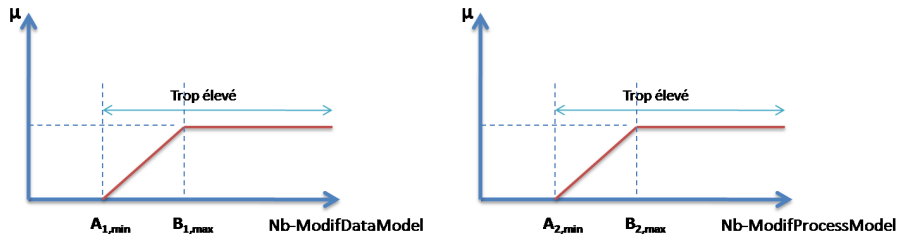


FIG. 4.3 – Exemple de définition des termes linguistiques et de la fonction d'appartenance d'une variable d'entrée

Dans cet exemple :
- Le "Nb-ModifDataModel" (resp. "Nb-ModifProcessModel") est considéré "trop élevé" à 100% à partir de la valeur B1,max (resp. B2,max).
- Le "Nb-ModifDataModel" (resp. "Nb-ModifProcessModel") est considéré "trop élevé" à 50% à (B1,max - A1,min)/2 (resp. (B2,max - A2,min)/2).
- Le "Nb-ModifDataModel" (resp. "Nb-ModifProcessModel") est considéré comme pas du tout élevé en dessous de A1,min (resp. A2,min). On peut dire aussi qu'en dessous de A1,min (resp. A2,min), le "Nb-ModifDataModel" (resp. "Nb-ModifProcessModel") est élevé à 0%.

(1.5) Définir les opérateurs

Les règles sont composées d'un prédicat et d'une conclusion. Un prédicat (de même pour une conclusion) est une combinaison de propositions par des opérateurs. Le choix des opérateurs est fixé par l'expert. Pour nos illustrations, nous considérons les deux opérateurs OU et ET.

Une fois que tous les paramètres sont définis, on peut procéder à la création de la base de règles.

Étape 2 : Construction des indicateurs

La construction de nouveaux indicateurs se fonde sur la génération de la base des règles. Ci-après, nous explicitons un processus d'analyse type pour le développement de la base des règles.

A partir de la structure cause-effet (Fig. 4.7), nous pouvons observer que les problèmes d'adaptation liés aux évolutions [C4.3] peuvent être causés à la fois par une instabilité dans le temps et des modèles de données et des modèles de processus [C4.3.1] et [C4.3.2]. Ces deux facteurs sont évalués, respectivement, par le nombre de modifications effectuées sur les modèles de données, et par le nombre de modifications effectuées sur les processus (IP10 et IP11 dans Fig. 5.2) ; représentés respectivement par les variables [Nb-ModifDataModel], et [Nb-ModifProcessModel] définies dans Tab. 5.1.

Ainsi, nous pouvons considérer la règle qui dit : il y a un problème d'adaptation ("conclusion" de la règle) quand le nombre de modifications sur les modèles de données et de processus est trop élevé ("prédicats" de la règle). La réunion des deux prédicats peut faire appel à une implémentation utilisant l'opérateur flou "OU". La règle résultante

(Règle 1) est présentée dans la figure ci-dessous.

Nous pouvons observer également que le manque d'autonomie des acteurs [C3.2] (dans Fig. 4.7) peut être causé non seulement par un problème de répartition des tâches et des responsabilités [C3.2.1], ou par une limitation des droits d'accès [C3.2.2], mais aussi par un manque d'expérience ou de compétence [C3.1.1]. Ces trois facteurs peuvent être évalués par : le temps passé sur la réalisation d'une tâche donnée et le temps passé sur la recherche d'information (IP5 et IP6 dans Fig. 5.2) ; représentés respectivement par les variables [$Tps_Realisation_Tache$] et [$Tps_Recherche_Info$] définies dans Tab. 5.1.

Nous considérons donc la règle suivante : le manque d'autonomie est important ("conclusion" de la règle) lorsque le temps de réalisation des tâches est trop élevé, le temps de recherche d'information est trop élevé ("prédicats" de la règle). La réunion des deux prédicats peut s'appuyer sur l'opérateur flou "ET". La règle résultante (Règle 2) est présentée dans la figure ci-dessous.

Le refus d'utilisation du système [C3.1] (dans Fig. 4.7) est causé notamment par un manque d'expérience [C3.1.1], par le changement d'habitudes [C3.3.2]. Il peut être causé également par un manque d'autonomie des acteurs [C3.2] ou encore par les problèmes techniques répétés [C2.1], [C2.2], [C2.3] et [C2.5]. Ces derniers sont évalués par le nombre de bugs du système [Nb-Bugs] (dans Tab. 5.1). De plus, le refus d'utilisation peut s'illustrer par le recours des acteurs à d'autres moyens pour effectuer une tâche donnée (utilisation d'un tableur pour réaliser des calculs, utilisation d'une messagerie personnelle, etc.). Le nombre d'utilisateurs du système [Nb-Users] (dans Tab. 5.1) est un indicateur souvent utilisé lors d'un déploiement récent du système, permettant d'évaluer l'incorporation du système dans les pratiques de travail. Cette mesure peut contribuer à l'évaluation du refus d'utilisation.

Ainsi, nous pouvons considérer une troisième règle (Règle 3 dans la figure ci-dessous), décrite comme suit : le refus d'utilisation du système est important ("conclusion" de la règle) lorsque le manque d'autonomie est important, le nombre de bugs est trop élevé et le nombre d'utilisateurs est très faible ("prédicats" de la règle). Notons que le prédicat "le manque d'autonomie est important" compose la conclusion de la Règle 2.

Les problèmes de communication et de coordination [C1] (dans Fig. 4.7) sont causés par des délais de réponses trop longs (non respect des délais) [C1.1], par la crainte de perte du savoir-faire [C1.2.1], etc. Ainsi, nous considérons la règle suivante : il y a un problème de communication et/ou de coordination ("conclusion" de la règle) si les délais de réponses sont trop longs et si le nombre de fois où le temps de réalisation d'une tâche n'a pas été respecté ("prédicats" de la règle). La règle résultante (Règle 4) est présentée dans la figure ci-dessous.

Les quatre règles ainsi décrites sont présentées dans la figure ci-dessous. Chacune de ses règles correspond aux grandeurs (variables) que l'on souhaite évaluer, à savoir : Var-Adaptation, Var-Autonomie, Var-RefusUtilisation, Var-CoordinationCommunication.

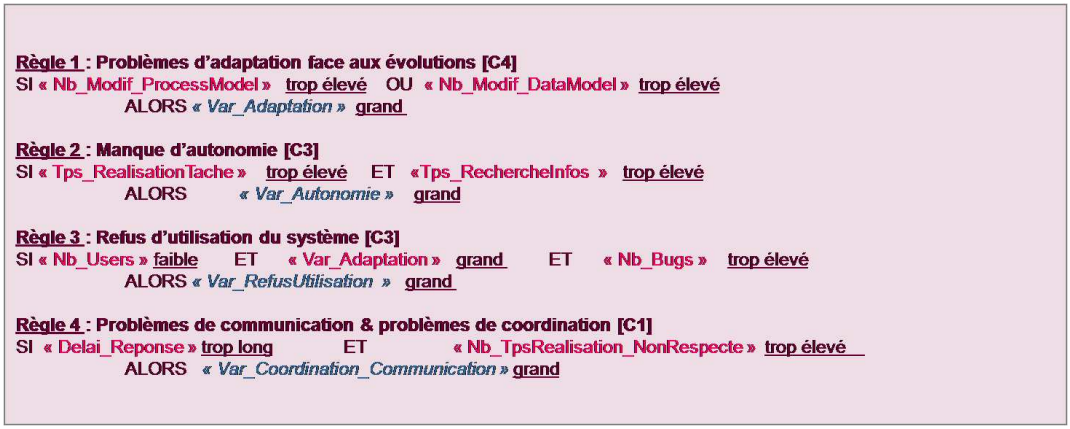


FIG. 4.4 – Exemple de génération de la base des règles floues

Notons que d'autres règles peuvent être générées selon la perception dont on dispose et le niveau de granularité que l'on souhaite atteindre.

Etape 3 : Évaluation des résultats de la base des règles

(3.1) Appliquer la Fuzzification

Il s'agit dans un premier temps de procéder à la transformation de la valeur numérique des variabes d'entrée en degré d'appartenance flou par évaluation de la fonction d'appartenance associée.

(3.2) Appliquer l'Inférence

Dans un second temps, il faudrait procéder au cycle de calcul des degrés d'activation, pour chacune des règles de la base, des variables linguistiques se trouvant dans les conclusions de ces règles.

A titre d'illustration nous appliquons cette étape à la Règle 1. Notons que pour la traduction de l'opérateur OU (resp. ET), on considère comme première approche seulement l'entrée ayant le degré de vérité le plus élevé (resp. faible). La solution « Sol 1 » représente le degré d'activation de la règle 1.

$$\begin{aligned} \text{Sol 1(Var_Adaptation)} &= \text{OU } (\mu \text{ (Nb_Modif_ProcessModel), } \mu \text{ (Nb_Modif_DataModel))} \\ &= \text{MAX } (\mu \text{ (Nb_Modif_ProcessModel), } \mu \text{ (Nb_Modif_DataModel))} \end{aligned}$$

FIG. 4.5 – Exemple 1 de solution représentante du degré d'activation de la règle 1

Une autre solution qui utiliserait des opérateurs représentables par une fonction affine est représentée ci-dessous (les poids alpha et beta appartiennent à l'intervalle [0,1], et doivent être détermines par un expert).

$$\begin{aligned} \text{Sol 2(Var_Adaptation)} &= \text{OU } (\mu \text{ (Nb_Modif_ProcessModel)}, \mu \text{ (Nb_Modif_DataModel)}) \\ &= \alpha * \mu \text{ (Nb_Modif_ProcessModel)} + ß * \mu \text{ (Nb_Modif_DataModel)} \end{aligned}$$

FIG. 4.6 – Exemple 2 de solution représentant le degré d'activation de la règle 1

A titre illustratif, si la solution 1 donne un résultat de 25% (on dit « la valeur de la conclusion de la règle 1 est de 25% »), cela est interprété comme suit : « le degré de vérité (ou d'activation) du problème d'adaptation est à 25% ».

Si par ailleurs, la 2ème solution donne un résultat différent de 10%, la prise en compte des deux évaluations pour une interprétation des résultats, pourrait être basée sur le calcul du minimum des deux valeurs, ou de la somme pondérée.

Ci-dessous nous résumons le processus de construction des indicateurs.

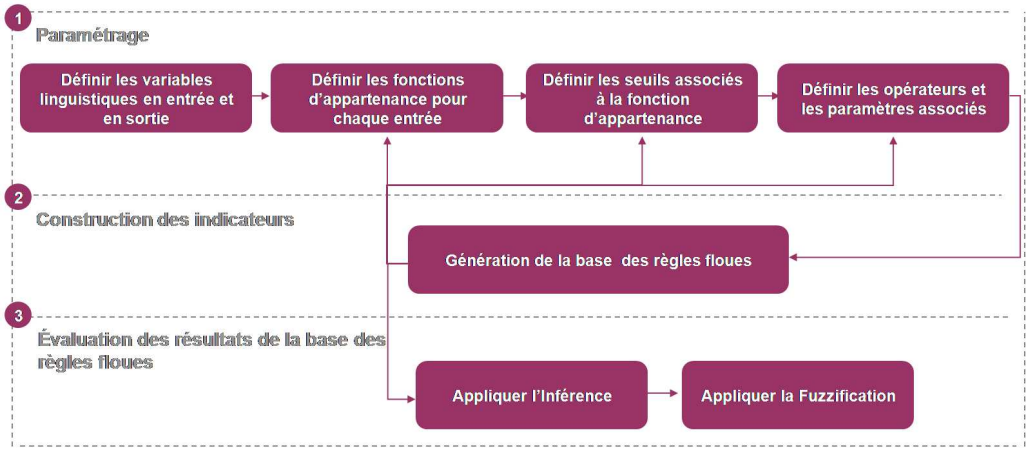


FIG. 4.7 – Approche de construction d'indicateurs basée sur la logique floue

4.3.3 Contraintes des modèles d'indicateurs

Nous avons appréhendé les limites du modèle causes-effet dans la construction des indicateurs par une approche de logique floue. Néanmoins, quelques contraintes associées au modèle d'indicateurs proposé se présentent. Il s'agit de :

- La subjectivité des interprétations et par la suite des résultats. En effet, les résultats des indicateurs flous peuvent être différents selon les choix faits par l'expert quant aux opérateurs, aux seuils, et au type de la fonction d'appartenance.
- L'application des principes du base des règles floues, s'est seulement basée sur la fuzzification et l'inférence. Nous n'avons pas pu appliquer la défuzzification compte tenu de l'hétérogénéité des variables d'entrée utilisées au niveau des règles floues.
- L'incertitude liée aux résultats des évaluations de la base des règles. On effet, dans notre approche de construction des indicateurs flous, nous nous limitons au calcul du degré d'activation des règles pour caractériser l'incertitude des résultats. Cette

mesure peut s'avérer insuffisante ; elle peut être dès lors appréhendée d'un point de vue probabiliste en appliquant les lois classiques (normale, binomiale, uniforme, Poisson, etc.), et par la suite déterminer le degré de confiance associé, permettant ainsi de compléter l'évaluation de la validité d'un résultat.

4.4 Pilotage de la collaboration et démarche décisionnelle

L'instabilité et l'incomplétude des processus sont des problèmes rencontrés dans les relations de collaboration. Les besoins en termes d'élaboration quasiment permanente de nouvelles règles de jeu visant leur adaptation et leur optimisation sont très importants.

En effet, l'investissement dans un processus de régulation des interactions entre les différents acteurs contribue à maintenir l'équilibre d'une relation. A ce titre, nous proposons d'étayer notre démarche d'amélioration à travers un cadre de régulation générique composé de quatre phases :

1. La détection, basée sur les indicateurs de suivi mis en place, de problèmes ou de points de blocage au niveau du déroulement d'une activité particulière.
2. L'adaptation basée sur la définition de mécanismes de régulation, visant à proposer une solution au problème détecté (plan d'action).
3. L'acceptation basée sur la concertation de l'ensemble des parties prenantes.
4. La mise en œuvre et l'adoption de nouvelles règles et de protocoles pour l'amélioration des modèles du système (droits d'accès, workflow, etc.).
5. L'évaluation des nouveaux modes organisationnels et des nouvelles règles mis en place.



FIG. 4.8 – Enrichissement des processus collaboratifs

Les indicateurs proposés (cf. section 5.3) ont pour vocation de "piloter-agir" ; les actions à mener et les décisions à prendre se situent sur les moyen et long termes. Le pilotage est considéré ici dans sa dimension tactique, dans le sens où il permet une adaptation dynamique des conditions (techniques et humaines, ou des règles du jeu) de réalisation existantes des activités au regard du niveau des seuils ou valeurs des indicateurs constatés.

Des exemples caractéristiques de l'adaptation peuvent faire l'objet d'une formation du personnel, d'une amélioration des capacités techniques, d'une redéfinition des modèles, etc.

Ainsi à partir du modèle causes-effet développé dans le chapitre 4, la mise en place d'un plan d'action est envisageable, regroupant de ce fait l'ensemble des opérations à

mener sur les variables d'action des activités considérées. Grâce à une mise en correspondance entre l'objectif de l'indicateur et le modèle causes-effet, on peut déterminer et cibler les potentiels d'action permettant ainsi d'agir sur les causes en amont.

Afin d'illustrer cette liaison : indicateur/action, nous décrivons un exemple de pilotage-action selon les étapes suivantes.

1/ Mesurer : Il y a une première étape de choix des indicateurs à mesurer. Cette étape peut avoir lieu directement suite à la réception d'une notification ou dans le cadre d'une démarche d'analyse personnelle : maintenir une vigilance accrue sur une zone de responsabilité, c'est-à-dire maintenir un degré de réalisation à un niveau jugé satisfaisant ou bien prévenir les risques de dégradation.

Exemple : Considérons l'indicateur "Temps de réalisation d'une tâche X par l'utilisateur Dupont".

2/ Évaluer : C'est l'étape qui consiste à interpréter les résultats de mesure par rapport à une vision globale ou un cadre de référence.

Exemple : Considérons la "Moyenne du temps de réalisation de l'ensemble des tâches effectuées par l'utilisateur Dupont (sur une période de temps donnée)".

3/ Apprécier : Une analyse préalable des performances est opportune pour l'aide à la prise de décisions. En effet, la mesure seule ne peut suffire à l'élaboration d'un diagnostic pertinent. Elle doit être complétée par une appréciation qui prend en compte le contexte.

Exemple : L'évaluation se fait ici par rapport au seuil minimal (déterminé par avance). Dans cette appréciation, on suppose que la valeur de l'indicateur dépasse le seuil fixé. Cela veut dire que l'utilisateur "Dupont" passe beaucoup de temps pour effectuer les tâches qui lui sont assignées.

4/ Décider : Cette étape consiste à choisir des actions à entreprendre. Ces choix sont fortement liés à l'appréciation menée par le manager. Pour ce faire, on tente à partir de l'effet (interprétation de l'indicateur) d'identifier l'ensemble des causes, et facteurs potentiels pouvant l'affecter.

Exemple : Les causes potentielles du problème observé (l'utilisateur "Dupont" passe beaucoup de temps pour effectuer les tâches qui lui sont assignées) peuvent être liées à :
- un manque de compétence (C3.1.1 - du Modèle causes-effet) ;
- ou encore à un problème de répartition des tâches (C3.2.1 - du Modèle causes-effet).

De ce fait, les décisions pouvant, par exemple, être entreprises sont :
- formation de la personne en question ;
- revoir les modèles de répartition des tâches.

Les indicateurs alimentent la prise de décisions en identifiant avec plus de précisions les points de blocages pour aider les équipes et plus particulièrement les responsables à engager des actions (correctives ou préventives), que celles-ci relèvent du niveau technique ou organisationnel. Dans ce cadre, une alerte du SIP est relayée par les instances en place : l'équipe, le comité de pilotage ou de coordination, le groupe de travail, ... qui en retour vont redéfinir les attendus et au final les indicateurs de pilotage et de suivi de la mise en œuvre. C'est le couplage des deux dimensions - SIP et dispositifs organisationnels – qui assure la dynamique et la pérennité du système.

4.5 Conclusion

Au terme de ce chapitre, nous avons proposé une démarche globale de pilotage des processus dans les SIP. L'objectif étant de fournir aux managers les moyens pour le suivi des activités en vue d'atténuer les blocages auxquels sont confrontés les acteurs d'un travail collaboratif, plutôt que de se baser sur des mécanismes de régulation automatisés.

L'approche proposée s'est basée principalement sur deux actions : l'observation des activités menées au sein du SIP ; et la construction des indicateurs de suivi.

La première action permet d'établir un état des lieux des actions menées dans le système afin de détecter et déceler les causes du blocage. A cet égard nous avons proposé une démarche d'instrumentation du SIP nécessaire à l'accomplissement d'une expérience d'observation.

La seconde action se base sur la mise en place de deux typologies d'indicateurs : élémentaires et flous. Nous décrivons ainsi le processus de construction associé.

Finalement, les deux actions proposées nécessitent un cadre de formalisation. C'est dans cette optique que nous avons proposé une démarche d'amélioration qui s'inscrit dans un processus de pilotage décisionnel et d'amélioration continue du travail collaboratif.

L'instrumentation du SIP nécessite des besoins particulièrement en termes d'extension des modèles ; le chapitre suivant est dédié à cette perspective.

5

Architecture d'un Système de suivi de l'activité Basé sur les Traces

Sommaire

5.1 Introduction 107
5.2 Analyse et conception du AMS 108
5.2.1 Caractéristiques générales 108
5.2.2 Spécifications fonctionnelles 109
5.2.3 Spécifications techniques 111
5.2.4 Architecture d'intégration d'AMS 116
5.3 Prototypage : Implémentation et Intégration avec le SIP @UDROS 118
5.3.1 Présentation du SIP @UDROS 118
5.3.2 Intégration AMS / @UDROS 119
5.3.3 Implémentation du AMS 121
5.4 Conclusion 128

5.1 Introduction

Comme nous l'avons indiqué dans les chapitres précédents, nous proposons une approche de facilitation du travail collaboratif au sein des SIP. Cette approche répond à nos objectifs de recherche et s'articule en trois actions principales :

- L'observation des activités menées au sein du SIP pour détecter et déceler les causes de blocage qui peuvent être notamment d'ordre technique, organisationnel, etc. Cette observation se fait via l'analyse des traces générées par le système et constituées en partie par les fichiers de journalisation[21] ainsi que par des données issues des différentes bases.
- La mise en place d'indicateurs de suivi, afin d'assurer un pilotage régulier des activités et d'atténuer les causes du blocage. Dans ce contexte, il s'agit de mener une réflexion sur la définition d'indicateurs spécifiques qui vont permettre de mettre en

[21] ces fichiers sont dénommés aussi fichier de log

place un contrôle, a priori et a posteriori, de l'activité collaborative autour de l'idée clef suivante : anticiper les problèmes et faciliter l'articulation et la synchronisation des systèmes dits techniques et humains.
- L'extension des modèles de processus. Le suivi régulier des activités peut mener à la redéfinition de tâches et de règles du jeu mais aussi être lié à l'amélioration continue du travail collaboratif.

L̃a mise en œuvre effective de ces actions implique la définition d'une architecture complémentaire adaptée à l'environnement du SIP. En effet, la réalisation d'une expérience d'observation nécessite un travail architectural important en adéquation avec les modèles génériques composants le système d'information produit. Ce chapitre a pour objectif de présenter une architecture générique et complémentaire au SIP permettant d'analyser les traces et la construction d'indicateurs de suivi[22] que nous dénommerons par la suite AMS (Activities Monitoring System).

La première partie de ce chapitre est consacrée à l'analyse et à la conception du système d'analyse des traces ; il décrit notamment les différentes couches fonctionnelles du système. La seconde partie montre la réalisation d'un prototype intégré à un système PLM existant.

5.2 Analyse et conception du AMS

5.2.1 Caractéristiques générales

L'AMS représente un composant du système d'information dont l'objectif est de fournir un environnement permettant d'analyser les traces des activités produites par les utilisateurs d'un système informatique. Il possède les caractéristiques suivantes :
- Définition et construction des sondes informatiques qui collectent des données et les structurent dans un format standard.
- Définition et mise en place des indicateurs de suivi de l'activité (élémentaire et à base de logique floue).
- Construction des tableaux de bord qui illustrent les indicateurs paramétrés.
- Paramétrisation des actions de notification.

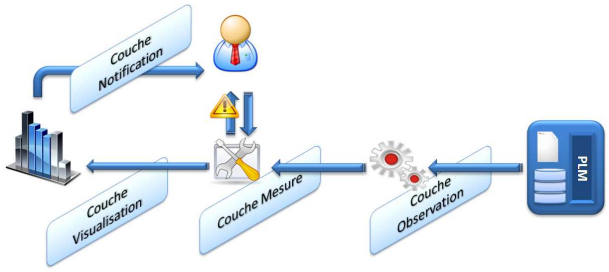


Fig. 5.1 – Architecture fonctionnelle d'AMS

Dans le cadre de le l'analyse de l'activité collaborative au sein d'un SIP, nous proposons une approche fondée sur différents niveaux fonctionnels (fig. 5.1) :

[22] SBT = Système de suivi de l'activité Basé sur les Traces

1. Couche Observation (Collecte + Structuration) : Cette couche gère la collecte et la structuration des informations depuis le SIP. Elle permet l'accès aux sondes en différents modes (continu, événementiel) grâce à une interface.
2. Couche Mesure : C'est à ce niveau que sont réalisés les calculs des indicateurs en se basant sur la couche inférieure d'observation dans le cas des indicateurs élémentaires ; et sur ces indicateurs élémentaires dans le cas des indicateurs flous. Cette couche intègre aussi les actions de notification vu que cette dernière se base sur les calculs déjà effectués.
3. Couche Visualisation : Les fonctionnalités associées à la génération des graphes se situent à ce niveau. Elle permet de construire les tableaux de bord à partir de la couche inférieure de mesure des indicateurs.
4. Couche Notification : Le bouclage est réalisé ici par le suivi du déroulement des activités, grâce à un calcul régulier des mesures mises en place et des seuils prédéfinis. L'atteinte d'un seuil particulier déclenche le processus de notification.

5.2.2 Spécifications fonctionnelles

Gestion des sondes

Les sondes constituent les éléments permettant l'observation d'activités ou d'évènements se déroulant dans le système. Elles sont construites à partir de sources d'observation (fig. 5.3).

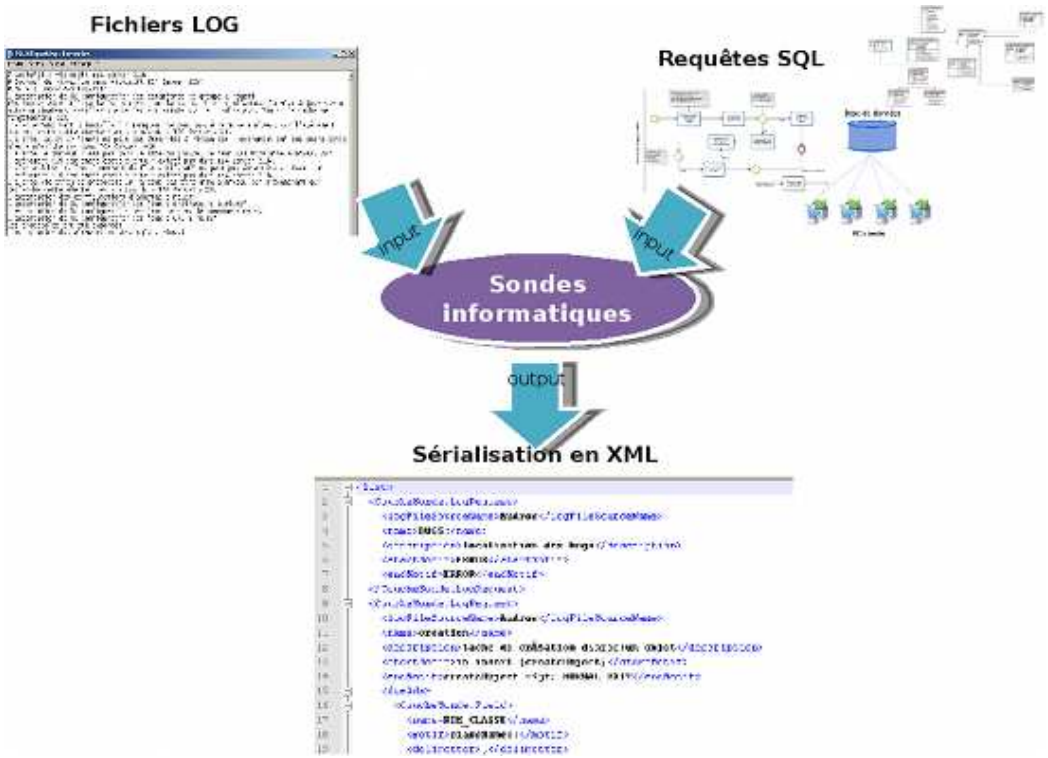


FIG. 5.2 – Gestion des sondes informatiques

Deux sources d'observation sont utilisées afin de mettre en place le processus d'observation :

1. Les fichiers de journalisation (fichiers de log) : Dans un système SIP toute opération effectuée par un utilisateur est tracée. Dans les fichiers de journalisation on trouve des informations pertinentes concernant les activités effectuées. Le système doit donc collecter les données à partir de ces fichiers et les structurer pour qu'elles deviennent exploitables. L'utilisateur peut ainsi gérer des sources de données de type « log » et aussi gérer des sondes de ce type. A partir de la structure du fichier log, les sondes de type log feront des parcours de ces fichiers pour repérer les données concernées et les mettre dans un format convenable.
2. La base de données : Les données extraites à partir des logs nécessitent parfois d'être complétées pour une meilleure recherche d'information. La base de données répond à ce besoin. Elle stocke les données concernant les objets et les processus du SIP ; on peut trouver aussi l'historique des activités que provoque une modification de ces objets ou ces processus. Le système doit pouvoir prendre en compte plusieurs SGBD[23] (Oracle, MySQL, Ingres...). Finalement, une sonde de type base de données se traduit par une requête SQL de type « Select ... From ... » et dont la complexité se limite à des jointures (c'est-à-dire qu'on ne transforme pas les données collectées à ce niveau). Les sondes ne font qu'une simple mesure mais le système doit permettre également à l'utilisateur de gérer ces sondes (ajout, suppression, modification), en fonction des objectifs poursuivis.

Les deux types de sondes sont à même de retourner un flux XML qui facilitera le processus de calcul des indicateurs. De façon générale, les sondes peuvent être réutilisées par différents indicateurs.

Gestion des indicateurs

les indicateurs sont les éléments de mesure. Nous proposons deux sortes d'indicateurs :

1. Indicateurs élémentaires : Chaque indicateur est principalement caractérisé par sa formule de calcul et les sondes qu'il utilise. Le système doit offrir l'accès aux sondes qui existent pour permettre la mise en place de la formule de calcul, cette formule n'est qu'une succession d'opérations de calcul qui transforme les résultats des sondes en données quantitatives (qui feront l'objet d'un graphe alimentant le tableau de bord).
2. Indicateurs flous : Le système doit intégrer les concepts de la logique floue pour que l'utilisateur puisse définir des indicateurs à base de la logique floue. Ces indicateurs utilisent les résultats des indicateurs élémentaires, précédemment définis, qui seront considérés comme des variables d'entrée et se caractérisent par un ensemble de variables linguistiques d'entrée. Pour certaines d'entre elles, sont définies une fonction d'appartenance et un terme linguistique. L'indicateur flou est caractérisé par une variable de sortie, conclusion d'une base de règles.

Lorsque l'utilisateur définit un indicateur, il sera capable de le tester pour vérifier les résultats de calcul. De plus, le paramétrage des indicateurs est enregistré dans un

[23]Système de Gestion de Base de Données

fichier XML pour la portabilité du système. Les résultats de mesure sont également stockés dans un fichier XML et seront mis à jour périodiquement ou bien à la demande de l'utilisateur.

Gestion des tableaux de bord

Le système doit mettre à la disposition de l'utilisateur des tableaux de bord qui soient paramétrables. Ceux-ci permettent l'affichage des résultats des indicateurs selon leur type dans un format convenable (un graphe, une expression, etc.), ce dernier est spécifié par l'utilisateur.

Gestion des actions de notification

Pour assurer le suivi du déroulement des activités, le système doit lancer le calcul des indicateurs périodiquement, cette période est définie par l'utilisateur. Ce dernier définit également des seuils associés au calcul des indicateurs, la valeur du seuil est subjective et peut être modifiée à la guise de l'utilisateur. Lors du dépassement de ces seuils le système doit notifier l'utilisateur par un envoi d'un e-mail vers l'adresse spécifiée préalablement.

5.2.3 Spécifications techniques

Les spécifications techniques permettent de détailler les cas d'utilisation et les diagrammes de classe du système.

Cas d'utilisation du système

Pour les types d'utilisateurs, nous proposons deux rôles principaux du système :
- Le Manager : généralement, c'est une personne qui se charge de l'administration du PLM, il maitrise l'architecture et la structure interne du PLM et il est capable de construire des sondes et des indicateurs. Il est supposé que le manager possède des connaissances en terme de logique floue.
- Utilisateur du PLM : c'est un simple utilisateur du PLM qui peut visualiser les tableaux de bord pour réaliser un suivi continu sur l'activité réalisée au sein du PLM.

Le repérage des données et le choix du type de sonde à utiliser se fait selon le besoin de calcul de l'indicateur.

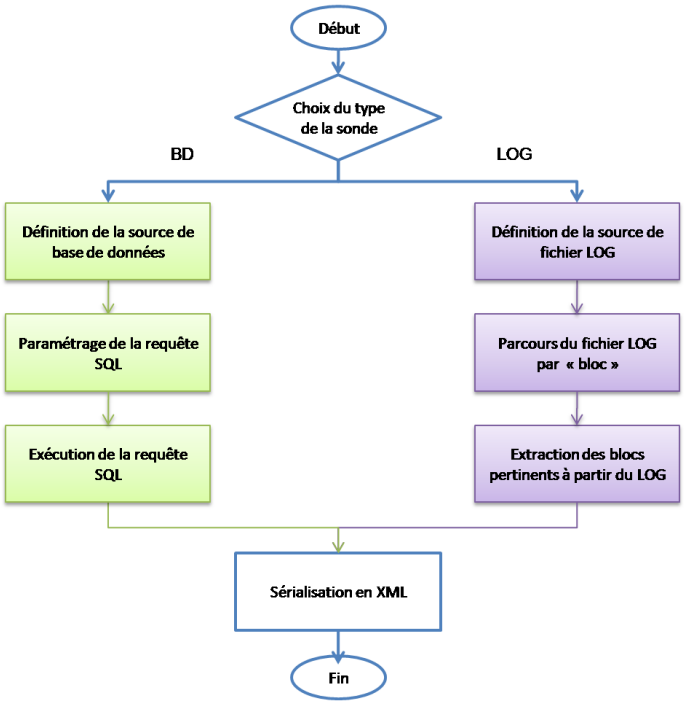


FIG. 5.3 – Principe de fonctionnement des sondes informatiques

Nous avons spécifié plusieurs cas d'utilisation du système (Use Cases – UC). La figure suivante (fig. 5.4) illustre ces différents cas d'utilisation

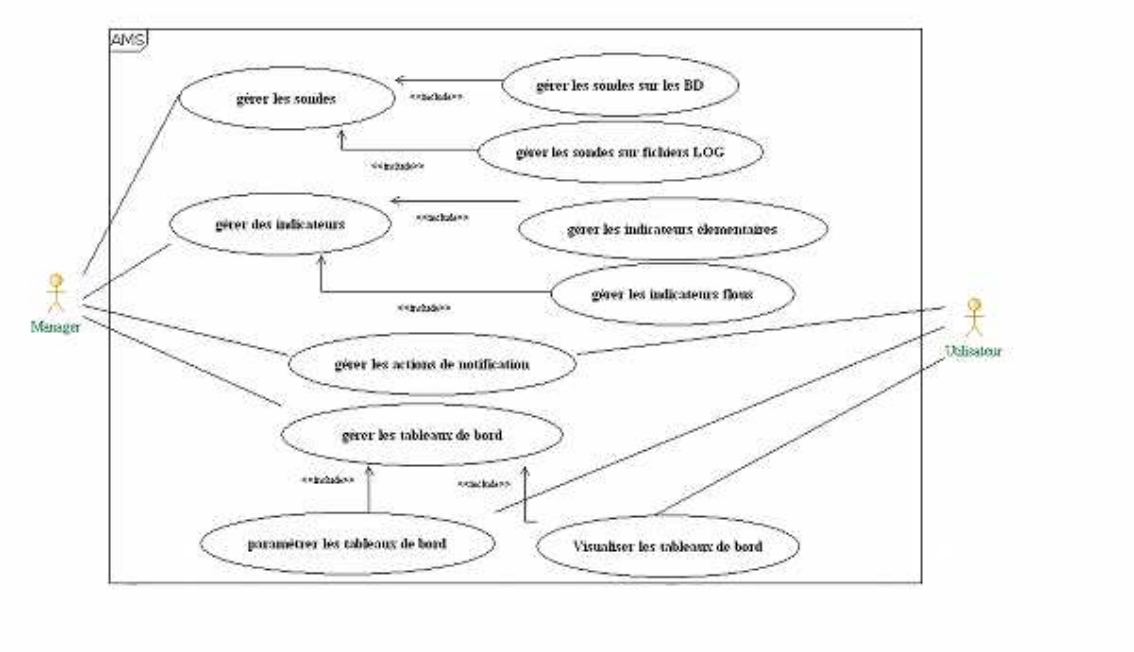


FIG. 5.4 – Cas d'utilisation du "AMS"

Les autres diagrammes de cas d'utilisation sont présentés en Annexe.

Diagrammes de classes

Cette partie définit la structure statique du modèle de notre SBT à travers les diagrammes de classes. Comme nous l'avons indiqué précédemment le SBT exploite les données du système SIP soit :

- Des fichiers log : Dans les fichiers log, les données sont difficilement accessibles. Nous avons donc procédé à l'analyse de ces fichiers et d'étudier leurs structures pour trouver une méthode qui permet d'extraire les informations recherchées sous un format exploitable. Généralement ces fichiers contiennent les traces d'activités. Chaque activité occupe un bloc dans les fichiers log qu'il faut parcourir pour en extraire de l'information.
- Des bases de données : Les données sont réparties entre plusieurs tables de la base et accès à ces données se fait avec des requêtes SQL simples.

Au vu de l'étude des besoins, nous avons procédé à la décomposition du système en 4 composants : Observation ; Mesure ; Visualisation ; Notification.

Pour chaque composant, nous avons des classes métiers (Business Object) que nous manageons grâce à des classes de services (BO Manager).

Ainsi le composant "Observation" comporte les classes métiers : *DBCollector* et *LogFileCollector*. Celles-ci sont gérées par les classes de services : *DBCollectorManager* et *LogCollectorManager*, et sont associées, respectivement, à la gestion de l'observation à partir des logs et de l'observation à partir des bases de données.

Le composant "Mesure" comporte les classes métiers : *EIndicator* et *FLIIndicator*, dédiées, respectivement, à la construction des indicateurs élémentaires, et des indicateurs flous. Elles sont gérées par la classe de services : *IndicatorManager*.

Le composant "Visualisation" comporte les classes métiers : *TBElement*, gérée par la classe de services : *TBElementManager*, qui gère l'implémentation des tableaux de bord associés aux indicateurs mesurés.

Le composant "Notification" comporte la classe métier : *Threshold*, gérée par la classe de services : *NotificationManager* qui traite les aspects de notification.

Nous présentons en Annexe quelques unes des classes java (métiers et de services).

Les figures suivantes illustrent les diagrammes des classes associés aux composants "Observation", "Mesure" et "Visualisation".

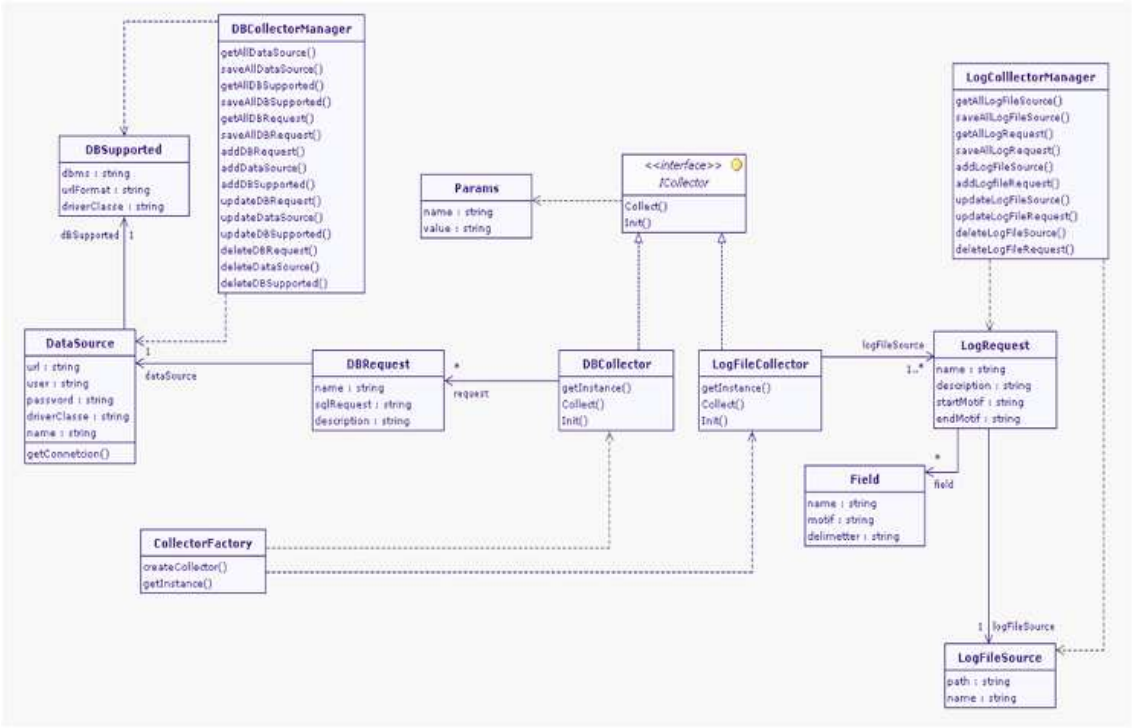


FIG. 5.5 – Diagramme du composant "Observation"

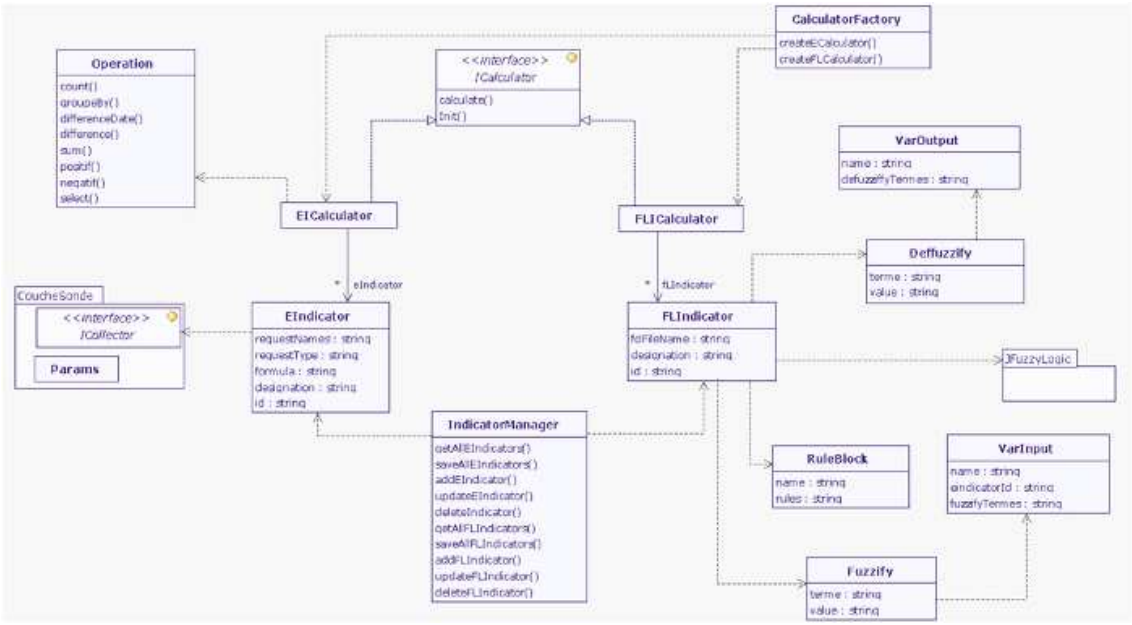


FIG. 5.6 – Diagramme des classes du composant "Mesure"

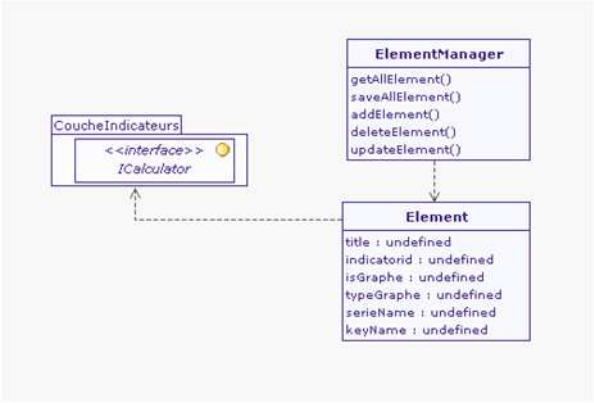


FIG. 5.7 – Diagramme des classes du composant "Visualisation"

Diagrammes de séquences

A titre illustratif nous présentons ci-dessous deux diagrammes de séquence, le premier associé au UC "Gérer les sondes de fichier logs" et le second au UC "Gérer les indicateurs flous".

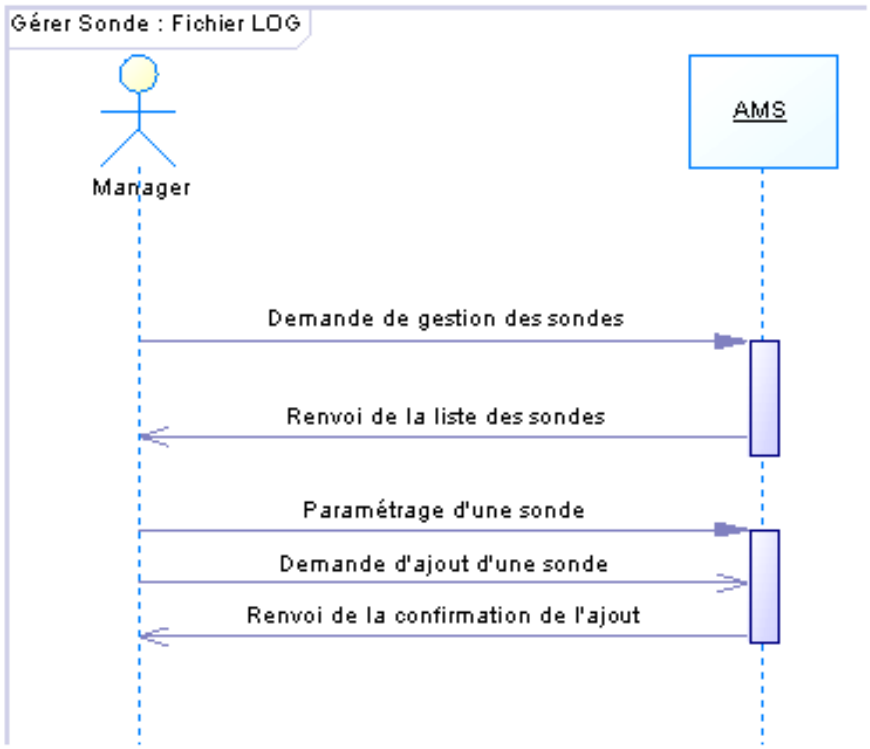


FIG. 5.8 – Diagramme de séquence nominal du UC : Gérer sonde de fichier logs

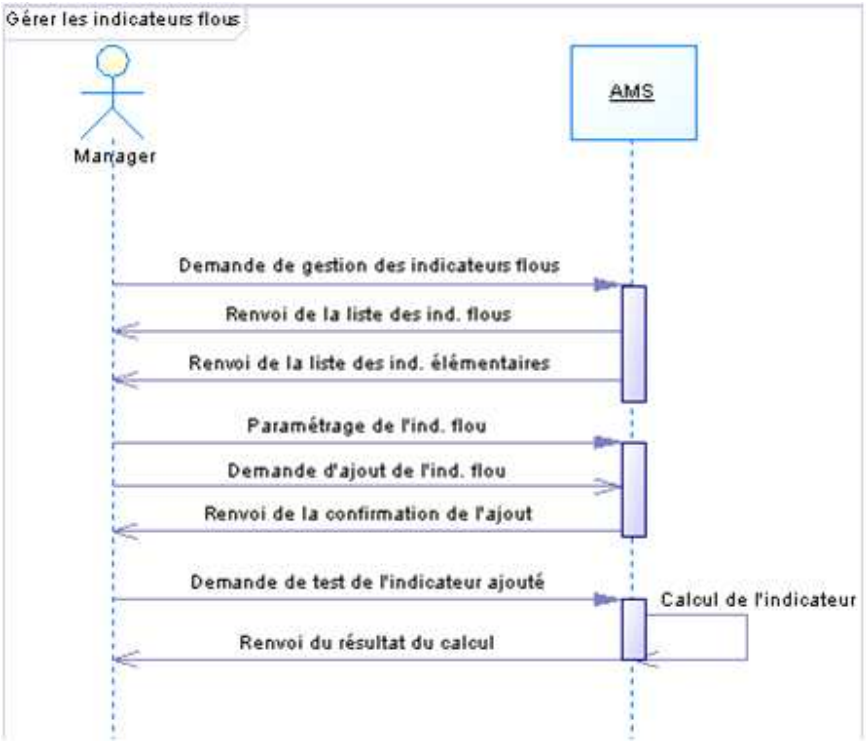


FIG. 5.9 – Diagramme de séquence nominal du UC : Gérer les indicateurs flous

Les autres diagrammes de séquence sont présentés en annexe.

5.2.4 Architecture d'intégration d'AMS

Pour nos développements, nous avons choisi d'adopter deux technologies : Flex et J2EE. L'ensemble des services (BOManager) est exposé pour l'accès en http grâce aux JSP. Tous ces éléments sont regroupés dans la partie J2EE. Nous nous sommes appuyés sur les API Java Jfreechart, pour le développement des tableaux de bord, et Java Fuzzy Logic pour nos développements basés sur la logique floue.

La partie Flex englobe les composants graphiques (UserComponent) en se basant sur les composants offerts par Flex (UIComponent). L'ensemble des composants communiquent avec la partie J2EE par le biais des HttpService de Flex.

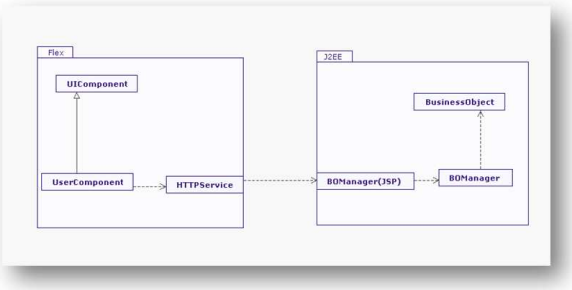


FIG. 5.10 – Diagramme des classes de conception

Flex apporte de la valeur quant aux aspects graphiques, le Design Pattern MVC notamment offre des moyens performants pour le développement de la couche de présentation.

Nous avons choisi une architecture 4-tiers, illustrée par le schéma ci-dessous.

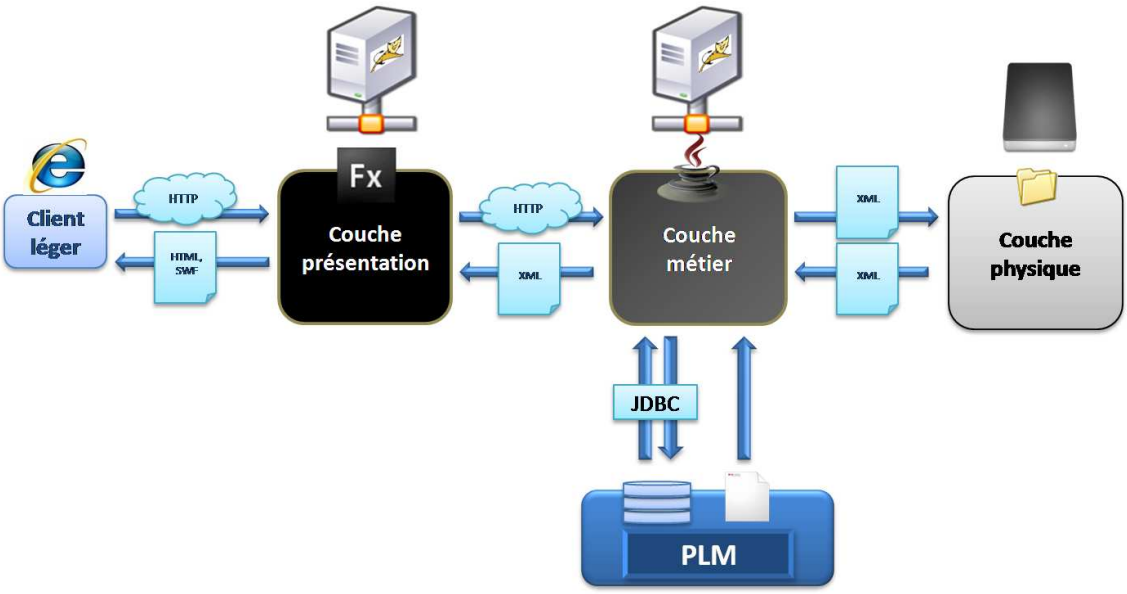


FIG. 5.11 – Architecture technique de PLM Monitoring

Nous présentons ci-dessous une description des différentes couches techniques composant l'architecture proposée.

1. **Client**. C'est un client léger qui est généralement un navigateur disposant de Flash Player. Il ne nécessite aucune installation particulière.
2. **Présentation**. C'est la couche responsable des IHM. Elle permet le paramétrage de la couche métier et l'affichage des tableaux de bord d'une manière interactive. Elle reçoit des requêtes http de la couche cliente et communique avec la couche métier en envoyant des requêtes http et en recevant comme réponse un flux XML.

Cette couche est implémentée en Flex et peut être hébergée dans un conteneur web comme Tomcat.

3. **Métier**. Cette couche contient la logique applicative du système. C'est à partir de cette couche que les mesures et les calculs sont effectués, ainsi que la gestion des fichiers de paramétrage. Elle est implémentée en Java, et les services offerts par cette couche sont exposés à l'aide des JSP. Elle intègre aussi la partie logique floue. La couche Métier reçoit des requêtes http de la couche Présentation et renvoie du flux XML. Elle communique également avec l'autre couche adjacente via du flux XML ; elle peut être hébergée dans un conteneur de JSP/Servelet comme Tomcat.
4. **Physique**. La couche physique représente les répertoires de stockage des fichiers XML de paramétrage de l'application. Elle est accessible grâce à une API Java pour XML.

5.3 Prototypage : Implémentation et Intégration avec le SIP @UDROS

Notre plateforme d'expérimentation @UDROS, est une suite logicielle dédiée à la gestion de l'ensemble des données, des opérations et des documents liés au cycle de vie des produits au sein des sociétés industrielles, éditée par la société Assetium.

Cette section présente le processus d'intégration de notre système AMS avec le PLM @UDROS. Elle décrit tout d'abord le principe de fonctionnement de @udros et quelques uns de ses composants (notamment le méta-modèle et l'API Log4j). Ensuite, elle décrit les étapes d'implémentation de notre AMS.

5.3.1 Présentation du SIP @UDROS

Principe de fonctionnement de @audros

L'utilisation d'@udros[24] est fondée sur la création et l'utilisation d'objets stockés dans la base de données. Chaque objet appartient à une classe et chaque classe définit les spécificités de ses objets. Chaque objet peut contenir un ou plusieurs fichiers qualifiés d'attachements. La visualisation des attachements nécessite la présence de l'application correspondante sur le poste client.

Grâce aux versions, aux statuts et à l'historique, @udros permet d'assurer une traçabilité des évolutions et de définir des cycles de vie pour les objets. Chaque objet a pour attribut une version et un statut. Dans la base de données, toutes les anciennes versions d'un objet pourront être stockées. Un commentaire précisant la cause de la modification permet de comprendre le changement de version. Afin de savoir quelle est la version valide lorsque plusieurs versions existent, il est possible de définir des statuts pour les objets. Ces statuts déterminent le « cycle de vie » de l'objet. Pour chaque version de l'objet, on pourra savoir si l'objet est en cours de création, mis en application ou archive par exemple.

[24] http ://www.assetium.com/

La gestion des droits d'accès dans @UDROS est étroitement liée aux personnes qui les manipulent. Le schéma organisationnel des acteurs @UDROS est ainsi calqué sur l'organigramme de l'entreprise. Dans ce découpage, on retrouve trois échelons distincts : le groupe, le niveau et l'utilisateur. C'est ce découpage qui permet la répartition des tâches, la confidentialité et la sécurité des données.

Le Modèle de @UDROS

Le modèle d'@udros propose une structure générique basée sur quelques concepts, qu'il convient d'adapter à chaque entreprise. Dans cette optique, Model Shape d'@udros permet de paramétrer ce méta-modèle et l'adapter aux besoins de l'entreprise qui utilise @udros. Finalement, nous pouvons décomposer Le méta-modèle de @UDROS selon les trois principales composantes d'un PLM :

- Méta-Modèle produit : permet de structurer la base de données. Il est constitué d'éléments communs à la base (définition des statuts, définition des thésaurus, définition des natures de liens avec leurs attributs)
- Méta-Modèle organisationnel : permet la gestion des droits et des vues métiers par groupe de personnes (lors de la définition des droits en lecture /écriture, les droits appliqués par défaut à un utilisateur sont ceux de son groupe).
- Méta-Modèle processus : permet de mettre en place le processus métier de l'entreprise en se basant sur les modèles organisationnel et produit afin d'automatiser certaines tâches dans le processus.

Système de journalisation

@UDROS utilise l'API Java de journalisation Log4j. Il s'agit d'un système hautement configurable, facilitant ainsi l'observation grâce aux logs générés, qui contiennent l'ensemble des actions effectuées sur le système @udros.

Une description détaillée de l'API Log4j est présentée dans [LR05].

5.3.2 Intégration AMS / @UDROS

Notre système d'analyse et de suivi des traces des activités doit s'interfacer à un SIP. Le système choisi est le système @udros qui possède une architecture 4-tiers J2EE (fig. 5.12). Comme nous l'avons indiqué dans la section précédente (cf. sec. 5.2.4), le découpage applicatif se fait comme suit :

- la couche cliente est réalisée par une applet intégrée à un navigateur web ;
- la couche de présentation est réalisée par une application Java/Tomcat ;
- la couche métier est réalisée par une application JBoss ;
- la couche physique gère les données dans une base de données relationnelle.

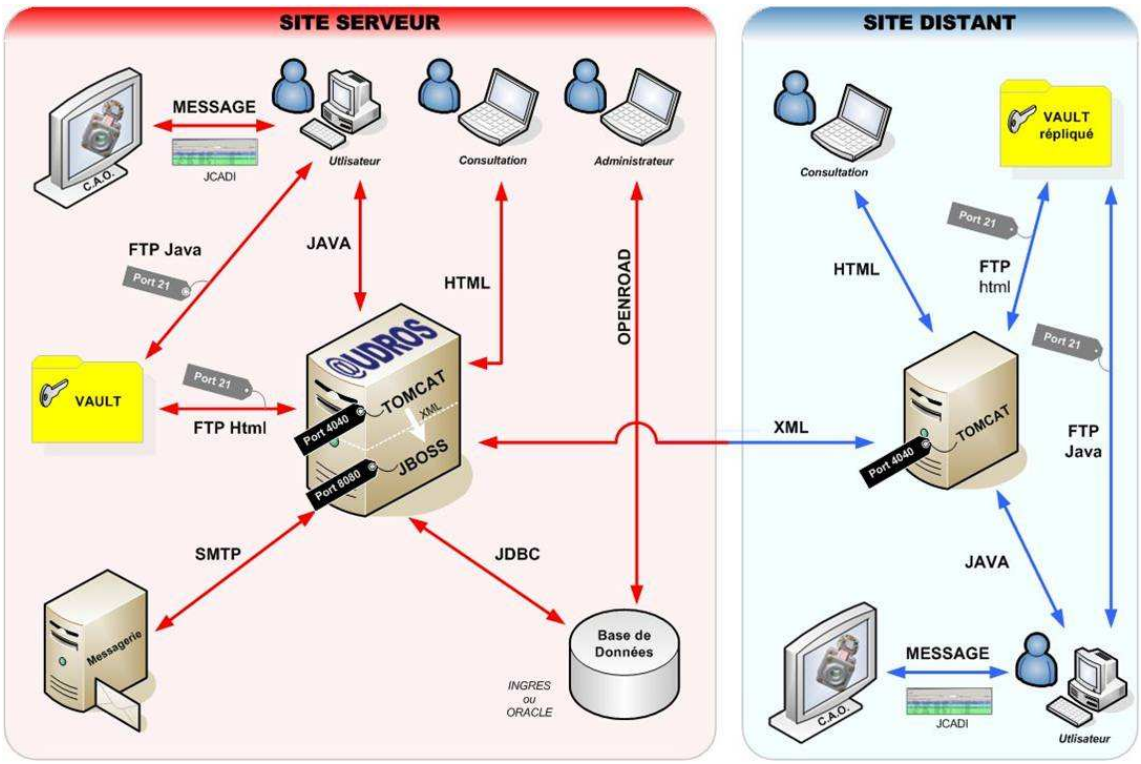


FIG. 5.12 – Architecture technique du PLM @udros

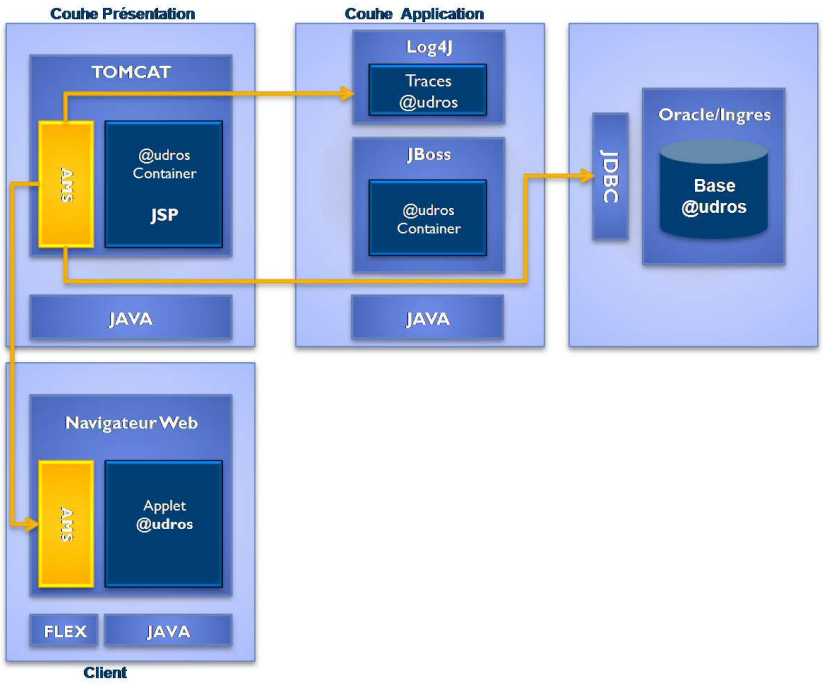


FIG. 5.13 – Intégartion de AMS dans l'architecture @udros

Notre application se déploie dans l'environnement par un l'ajout d'un contexte Tomcat. Les fichiers de paramétrisation des sondes ne modifient pas le mode de journalisation mais s'adaptent aux motifs internes générés par le système. La figure suivante (fig. 5.13) montre le contexte d'intégration de notre AMS.

5.3.3 Implémentation du AMS

Les sections ci-dessous illustrent les différentes phases de l'implémentation.

Gestion des sondes informatiques

Les interfaces suivantes illustrent les phases de paramétrage des sources de données à partir des LOG et de la Base de données.

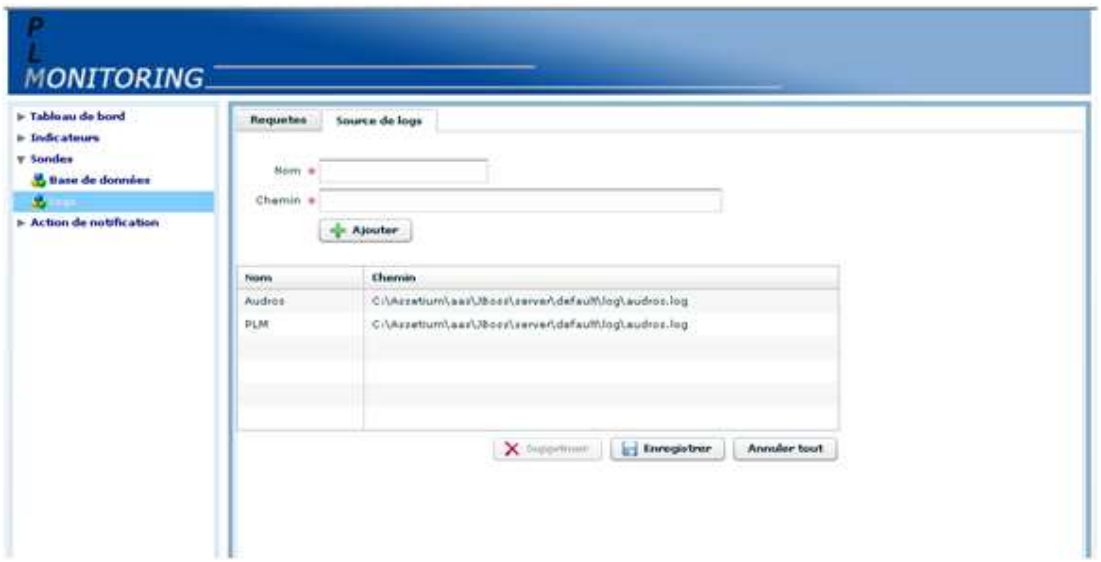


FIG. 5.14 – Paramétrage de la source de données à partir des LOG

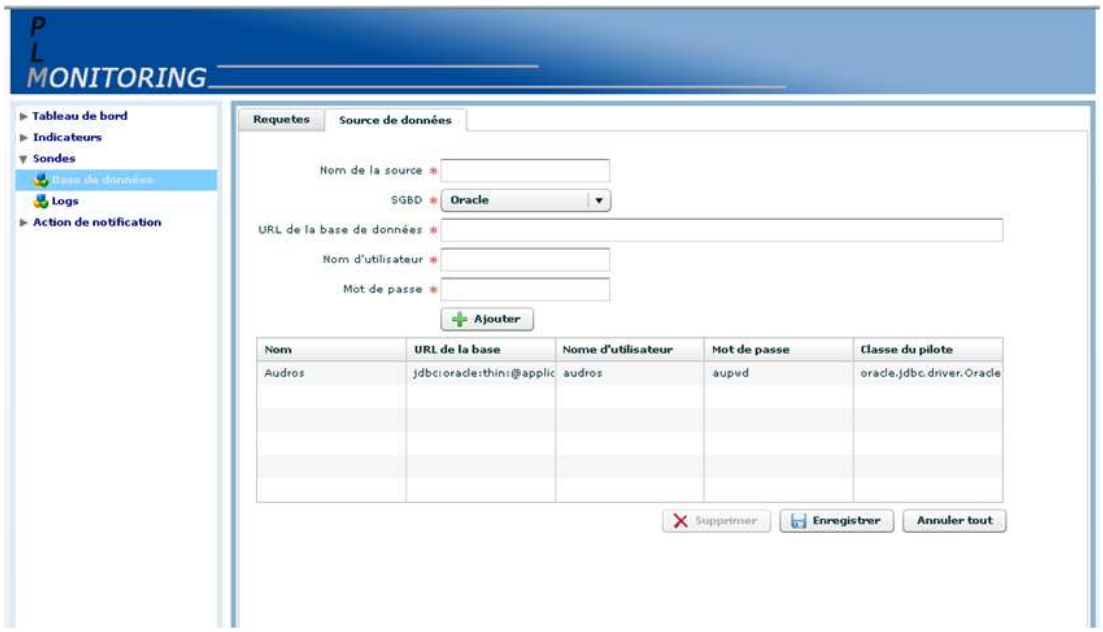


FIG. 5.15 – Paramétrage de la la source de données à partir de la BD

Les interfaces suivantes présentent les phases de paramétrage des sondes informatiques sur les fichiers de log et sur la base de données.

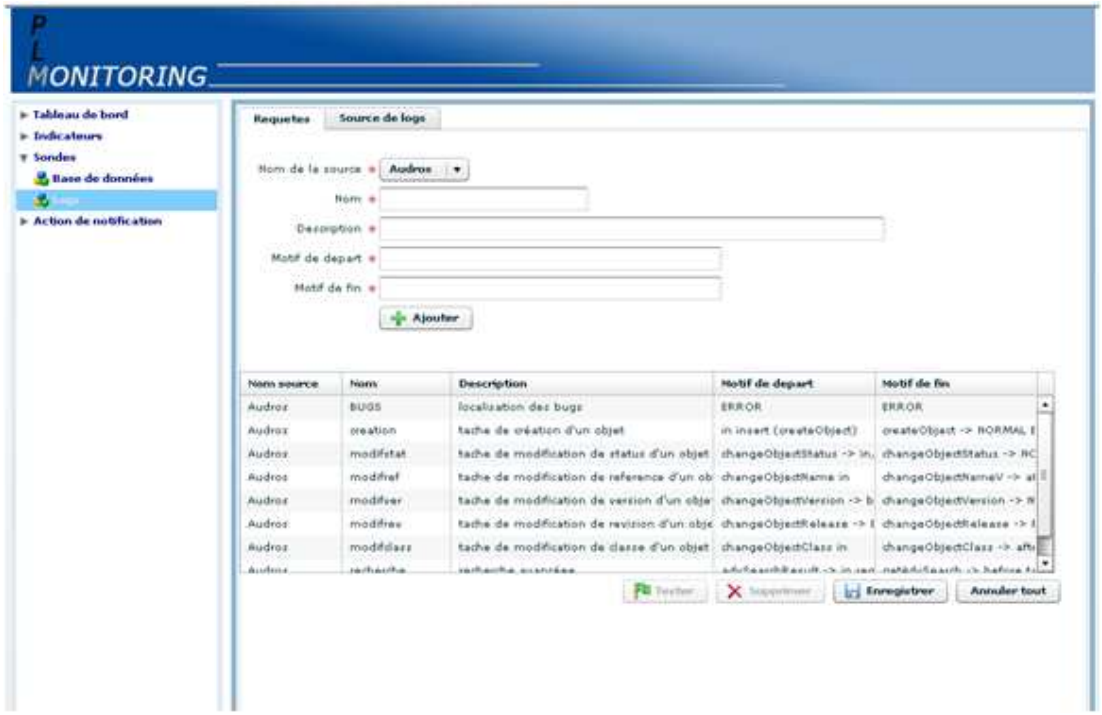


FIG. 5.16 – Paramétrage de la sonde sur les LOG

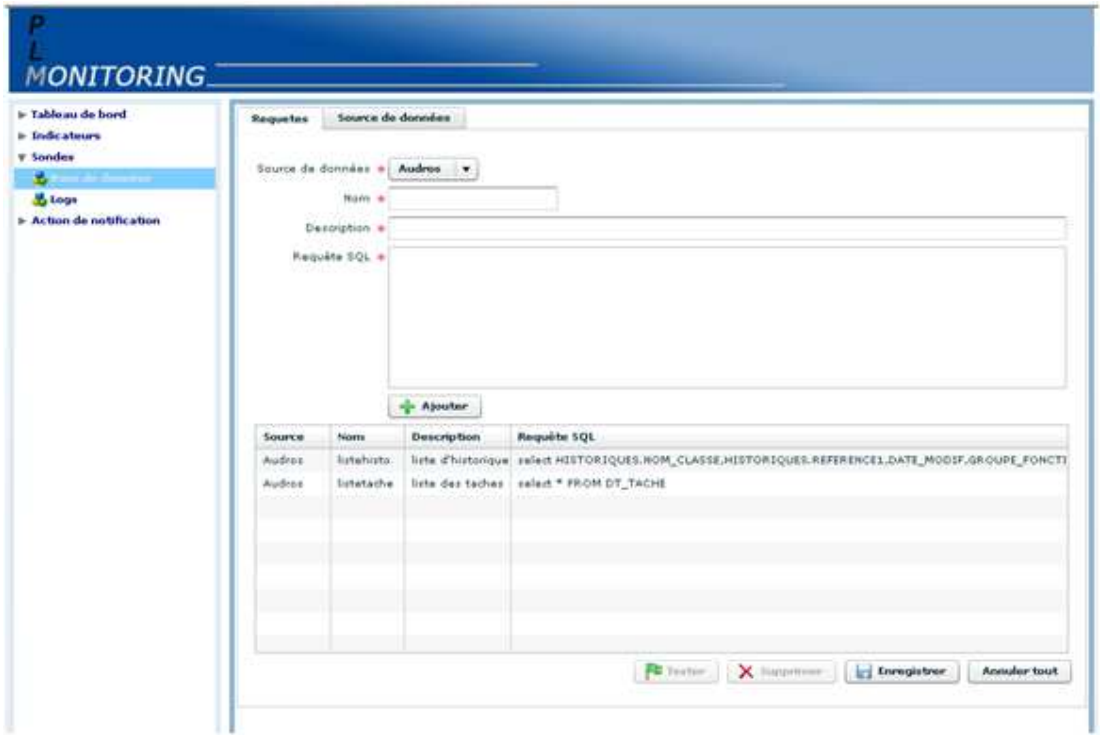


Fig. 5.17 – Paramétrage de la sonde sur la BD

La figure suivante illustre un exemple de fichier utilisé pour stocker le paramétrage des sondes de type LOG. Il s'agit du resultat de la sérialisation XML.



Fig. 5.18 – Exemple de flux XML - Fichier logcollector.xml

Gestion des indicateurs

L'ensemble des figures présenté dans cette partie illustre les étapes de construction des indicateurs : élémentaires et flous.

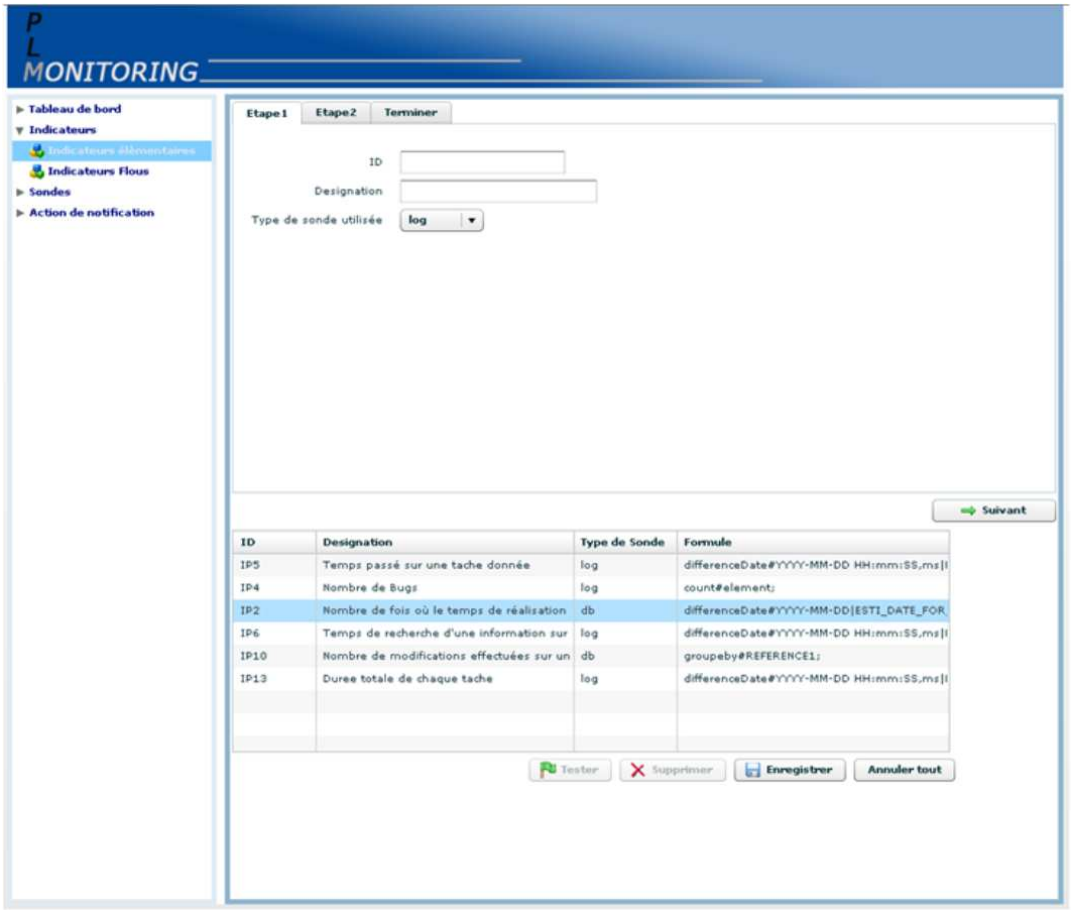


FIG. 5.19 – Construction des indicateurs : Étape 1

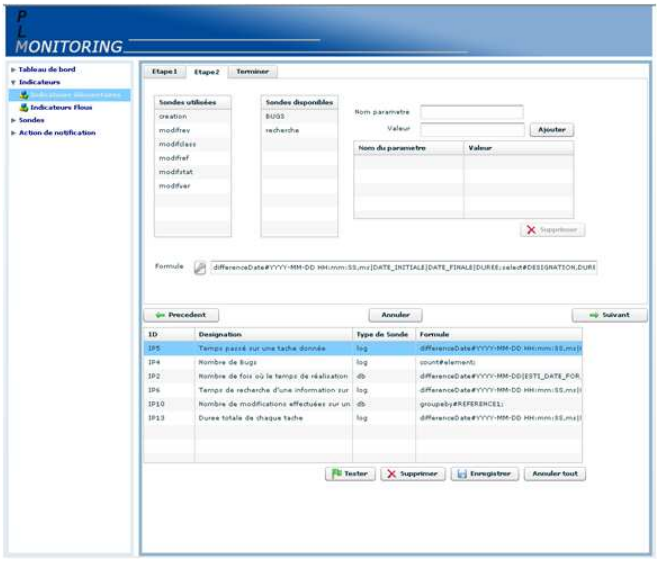


FIG. 5.20 – Construction des indicateurs : Étape 2

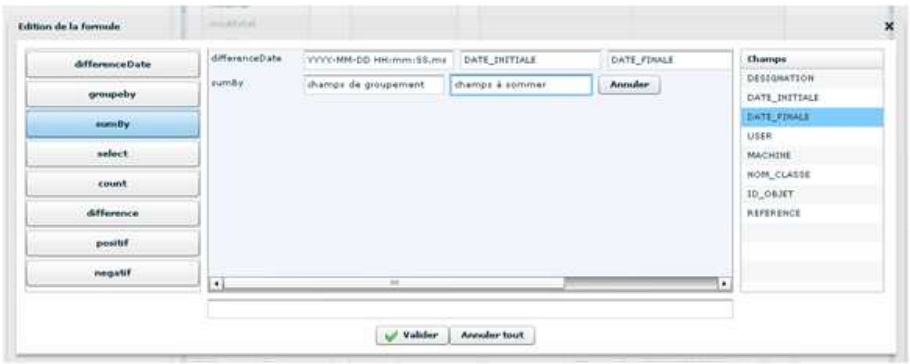


FIG. 5.21 – Édition de la formule de calcul

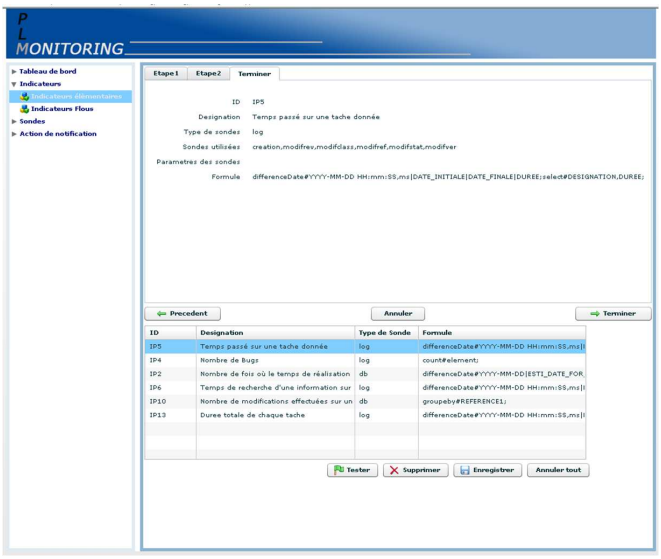


FIG. 5.22 – Construction des indicateurs : Étape 3

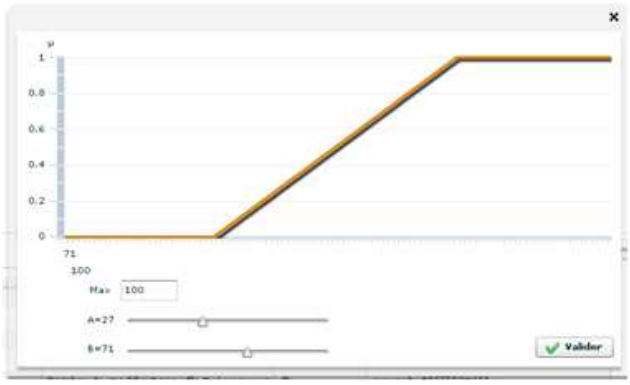


FIG. 5.23 – Construction des indicateurs flous : Génération de la fonction d'appartenance

Gestion des tableaux de bord

L'interface suivante présente la phase de génération des tableaux de bord.



FIG. 5.24 – Paramétrage des tableaux de bord

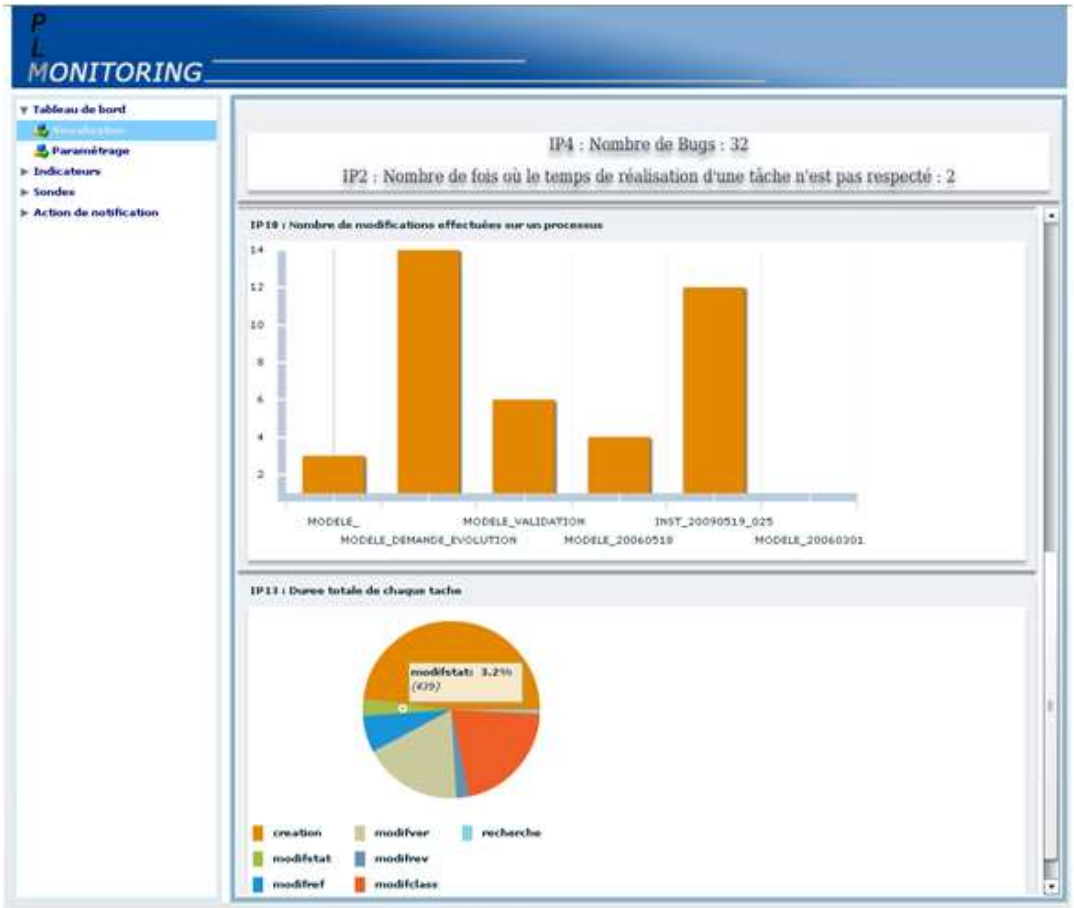


FIG. 5.25 – Exemple de tableau de bord

Gestion des actions de notifications

L'interface suivante illustre le paramétrage des actions de notification. Elle permet d'associer un seuil à chaque indicateur (élémentaire ou flou) ; suite à quoi l'utilisateur spécifié sera notifié dès que le seuil est atteint.

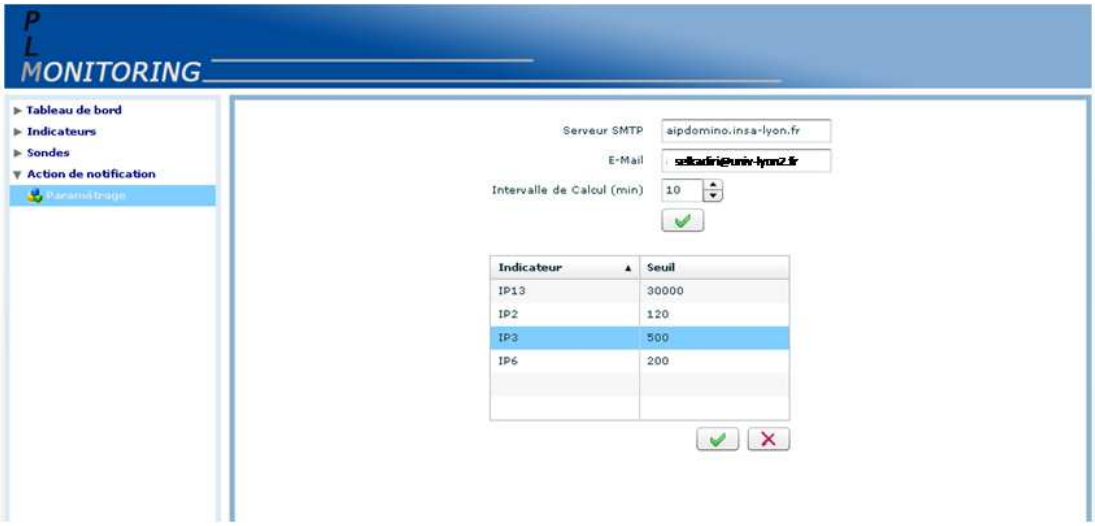


FIG. 5.26 – Implémentation avec le système PLM @udros

5.4 Conclusion

Nous avons consacré ce chapitre à la définition et l'implémentation d'une architecture complémentaire adaptée à l'environnement du système d'information produit, support à l'approche méthodologique proposée. La réalisation des modèles d'observation ainsi que la construction des indicateurs nécessitent un travail important en adéquation avec les modèles composants le SIP sa dimension la plus générique. Pour ce faire, nous avons conçu des composants indépendants et paramétrables, répondant ainsi à nos besoins d'interopérabilité avec le SIP. Par ailleurs, l'architecture proposée s'appuie sur le couplage d'une modélisation objet et de modèles de structuration XML, offrant ainsi une portabilité de l'architecture. L'implémentation du système basée sur cette architecture, s'est faite en utilisant les technologies Flex et J2EE. Ensuite, nous avons procédé à son intégration avec le système PLM Audros.