

Chapitre 2 – Annie Drouin, Annette Valentin, Jean Vanderdonckt

Les apports de l'ergonomie à l'analyse et la conception de systèmes d'information

2.1. Introduction

Ce chapitre présente le point de vue de l'ergonome concernant l'analyse et la conception de systèmes d'information. Après un rappel des principes généraux d'une démarche ergonomique, des éléments essentiels de méthodes et outils sont présentés. Cela permet d'explicitier l'apport potentiel de l'ergonomie dans le déroulement chronologique d'un projet puis d'illustrer comment ces aspects peuvent être couplés aux méthodes du génie logiciel.

2.2. Ergonomie : le point de vue de l'Homme au travail

2.2.1. *Intervenir sur le contenu du travail*

Pour réaliser un système d'information ergonomique, il ne suffit pas d'appliquer quelques recommandations générales sur la présentation des informations. Bien sûr, il existe des résultats réutilisables dans ce domaine, mais ***une application ergonomique, c'est plus qu'un dialogue ergonomique*** : on ne peut concevoir et améliorer la communication homme-ordinateur sans penser conjointement et en interaction, l'interface, les traitements et les données. Si l'organisation des fonctions n'est pas adaptée à la logique de travail de l'utilisateur, aucun effet de présentation (couleur, graphisme...) ne pourra durablement maquiller les carences de fond. Par exemple, pour choisir rapidement dans un menu, il est souhaitable que la liste ne

2 Analyse et Conception de l'I.H.M.

dépasse pas 7 items [SCA 97] ; mais cette recommandation n'a aucun effet si la composition du menu n'est pas adaptée aux tâches de l'utilisateur.

Bien souvent, les utilisateurs sont amenés à ajuster leurs procédures de travail pour traiter les questions non ou mal intégrées dans les logiciels et ces ajustements peuvent s'avérer parfois coûteux [PAV 89]. En apportant des connaissances et des méthodes pour mieux appréhender **les situations de travail**, l'ergonomie peut contribuer à une évolution des méthodes de conception informatique (cf. A ce sujet le chapitre 1 dans cet ouvrage). L'objectif de l'ergonome est d'identifier les principales composantes de la situation de travail pour prendre en compte leurs interactions, d'analyser le **déroulement du travail** pour contribuer à définir une **structure** de logiciel, des modes de **présentation** et de **navigation**, qui correspondent aux objectifs de tâches des utilisateurs.

Si la charge de mémoire liée à l'utilisation du logiciel est limitée, l'utilisateur peut se consacrer plus complètement au problème à résoudre ; si l'apprentissage est facilité, l'utilisateur peut construire plus rapidement des modes opératoires efficaces. Ainsi, l'ergonome ne contribue pas seulement à améliorer le **confort**, les conditions de travail des utilisateurs ; il participe également à une évolution de la **sécurité** et de **l'efficacité**, par une diminution des taux d'erreurs, une meilleure maîtrise des procédures à risque, une augmentation de la qualité...

2.2.2. Travail prescrit / travail réel

Les analyses réalisées par les informaticiens permettent de rassembler les descriptions de procédures théoriques, les circuits d'informations, l'expression des besoins exprimés en entretiens par la hiérarchie voire la population directement concernée. Cette analyse fait ressortir ce qu'il est prévu de faire ou ce qu'on a l'intention de faire, ce qui est explicite, connu, codifié, structuré : la **tâche prescrite**. Mais dans la réalité du quotidien, la documentation n'est pas à jour, la pièce n'est pas disponible, la commande client est incomplète... Les procédures sont adaptées par les acteurs en fonction des caractéristiques de la situation, de l'urgence, de la variabilité des composantes... et de l'interprétation qu'ils en font. Les analyses réalisées par l'ergonome viennent compléter, renforcer ou interroger ces éléments. La démarche est basée sur la reconnaissance d'un écart quasi permanent entre le « prescrit » (ce que les personnes sont sensées faire, ce qu'on leur demande de faire), et le « **réel** », **l'activité** : ce que les personnes font effectivement en fonction des spécificités de la situation, pour s'adapter aux cas non prévus, aux incidents aléatoires... [GUE 97].

L'intérêt du concept d'activité n'est pas tant de nommer une différence (tâche/activité) mais de **donner un sens à l'écart** qu'elle construit [HUB 96a]. L'activité

exprime une création. Elle est le processus d'émergence d'une réponse nécessairement contingente aux exigences de production. Cette adaptation, prise en charge au poste de travail, permet la **régulation** du système, évitant retards ou blocages. D'ailleurs, l'attitude qui consisterait à suivre à la lettre les procédures édictées par l'entreprise n'est-elle pas qualifiée de « grève du zèle » ? Ces **régulations** doivent être identifiées au mieux, pour comprendre les besoins sous-jacents et les intégrer dans le nouveau système, au risque de rigidifier le processus. L'objectif n'est pas de chercher à reproduire le fonctionnement existant, mais à travers l'identification du besoin, de proposer une structure de fonctions et des modes de navigation mieux adaptés au travail à réaliser.

2.2.3. Analyse du travail et image opérative

Ainsi, les **processus** effectivement mis en jeu par les utilisateurs constituent l'objet privilégié des analyses ergonomiques. Un logiciel n'est qu'un moyen pour réaliser un ou des objectifs lié(s) aux tâches : rédiger un texte, préparer des commandes, comprendre comment réparer un moteur, remplir ou contrôler des questionnaires... Concevoir un logiciel adapté à une population suppose de s'intéresser d'abord au contenu du travail. Ce point de vue nécessite de comprendre le **référentiel actuel** des utilisateurs potentiels et les représentations du **travail projeté**, pour être en mesure de formaliser la décomposition des objectifs de travail en étapes de traitements, buts et sous-buts avec leurs conditions de réalisation [SEB 95], [SCA 90] (cf. A ce sujet dans le chapitre 3 le descriptif du formalisme MAD : tâche, sous-tâche, état initial, état final, pré-conditions, interruptions, priorités...).

Ces éléments servent de base pour proposer une structure, un enchaînement des fonctions, un mode de navigation, qui soient adaptés aux nouvelles logiques de traitement. Même lorsque les applications sont relativement nouvelles, une part des raisonnements mis en œuvre est basée sur l'utilisation **d'analogies** avec des situations connues, similaires. Par exemple, pour trouver la fiche de maintenance d'un panneau de frein, on peut s'appuyer sur les connaissances des opérateurs : ils connaissent les termes (on peut envisager une recherche par mots clés combinés) ; ils savent où se trouve le panneau de frein (on peut imaginer de désigner le panneau sur des schémas successifs).

La connaissance de l'existant permet donc de cerner le référentiel des utilisateurs, d'identifier les **transferts** qui peuvent (ou risquent) de s'opérer, tant au niveau des procédures de traitement que des manipulations d'outils. Par exemple, pour saisir les caractéristiques d'un produit de remplacement, l'opérateur s'appuie sur la description du produit précédent ; il est donc intéressant de lui présenter côte à côte l'ancien et le nouveau produit, de pouvoir transférer une description de l'ancien vers le nouveau ...

L'ergonome s'intéresse à la **dynamique de l'activité** (enchaînements d'actions, chemins suivis, passages entre fonctions...), à la logique d'utilisation (informations recherchées, comparées...) qui permet de résoudre les objectifs de tâches projetées.

Pour construire la structure des fonctions et l'interface de dialogue, l'ergonome s'efforce également d'approcher la représentation que les personnes se font de leur tâche, les éléments qui guident les stratégies utilisées, les critères sur lesquels ils prennent une décision. L'ensemble de ces notions constitue l'image que l'opérateur se fait de son travail, **l'image opérative** [OCH 81]. Cette image est organisée en fonction des **objectifs** poursuivis et des actions envisagées. C'est une représentation de la réalité qui est simplifiée et déformée par l'accentuation de ce qui est significatif pour le travail à réaliser : les éléments pertinents pour la tâche sont amplifiés et les éléments secondaires ou inutiles ne sont pas pris en compte. Un même objet peut donc générer plusieurs images, selon les objectifs de tâches.

2.2.4. Logique de fonctionnement/ logique d'utilisation

Dans les découpages d'application, on retrouve souvent des menus « fichiers », « tables », « paramètres », « impressions »... En fait, ces menus traduisent plutôt des contraintes liées au fonctionnement interne de l'application. Pour savoir s'ils correspondent également aux besoins des utilisateurs, il convient de se demander si « fichier » a un sens pour les utilisateurs, quel est le profil de la personne habilitée à modifier les paramètres et les tables, à quel moment il faut pouvoir imprimer... De là découlent souvent d'autres structures de menus que celles envisagées initialement. De même, les développeurs sont tentés d'exploiter les possibilités fournies en standard par les produits de développement « multi fenêtrage », « barre de menus », « barre de tâches »... Ces éléments traduisent également une **logique de fonctionnement** de l'outil mais ne correspondent pas nécessairement aux besoins des utilisateurs.

Souplesse n'est pas toujours synonyme de **simplicité**. Par exemple, les utilisateurs qui traitent des alarmes interviennent dans l'urgence ; le multi-fenêtrage induirait des actions liées à la gestion des fenêtres (sans rapport direct avec le traitement d'alarme) ; il est préférable de leur fournir des présentations synthétiques ; la barre de menus est remplacée par une barre d'icônes avec des boutons d'accès à des chemins prédéfinis, la barre de tâche disparaît parce le multi-tâches est interdit pour des questions de sécurité... Le multi-fenêtrage est limité à des boîtes de dialogue ponctuelles ou à des situations de préparation hors incident.

Richesse implique souvent **complexité**. Qui ne s'est pas perdu dans la multitude des liens croisés d'une application Web, ne comprenant pas les critères d'organisation ou de recherche des informations, ne sachant plus comment se place

la page dans la structure d'ensemble ? Bien sûr, ces outils peuvent se révéler très intéressants dans certaines situations. Par exemple, le multi-fenêtrage permet de comparer facilement des tableaux ou des schémas. Et si le potentiel de recherches et d'échanges offerts par Internet est incontestable, cela ne signifie pas pour autant que toutes les applications doivent inclure des hyper-liens.

Pour savoir dans quelle mesure il convient d'exploiter ou non une possibilité technique, il faut identifier dans quelle mesure elle **apportera ou non une aide** au travail des utilisateurs, ce qui suppose d'identifier les besoins correspondants. L'intention, le regard, l'orientation de l'ergonome, consistent à privilégier la **logique d'utilisation** [RIC 83], c'est-à-dire, donner aux futurs utilisateurs des moyens simples et adaptés à leurs **objectifs de travail**, par ex. : chercher la fiche de maintenance du panneau de frein, contrôler un questionnaire « Entreprise », prendre en charge une alarme, effectuer un remplacement de produit... L'outil (le logiciel informatique dans notre cas), n'est qu'un moyen pour réaliser le travail. Il ne s'agit donc pas de faire un outil puis de former les utilisateurs pour qu'ils s'y adaptent, mais de **concevoir un outil adapté** aux logiques de traitement qui découlent de leurs activités.

2.2.5. Structurer les fonctions, pas seulement la présentation

Comme cela a été souligné ci-avant, dans la conception d'une application, les aspects structurants résident dans le domaine d'activité (maintenance des trains, statistiques d'entreprises, gestion des prêts immobiliers...) et dans les objectifs visés (améliorer un service rendu, une polyvalence ou une spécialisation, une diminution d'incidents, une économie sur les achats de matières premières...). A ce titre, la phase de **spécifications fonctionnelles** du logiciel est une étape importante. Elle se situe après l'analyse des besoins ou de faisabilité, et avant le début de la réalisation (cf. le chapitre 1, concernant la description des différents cycles de conception). Il s'agit de définir le mode de fonctionnement du nouveau logiciel (les fonctions, leur articulation, le mode de présentation...) en lien avec le contenu du futur travail.

Les informaticiens ont souvent tendance à considérer que cette phase est du ressort exclusif de leur métier pour la structure et le contenu de l'application et que l'ergonome devrait se contenter d'aménager la présentation des informations et fournir quelques recommandations quand différents modes de dialogue sont envisagés. Au contraire, les ergonomes soulignent que les applications sont trop souvent construites en privilégiant la description des traitements, les fonctions, le « quoi ». L'essentiel de leur apport est guidé par un **recentrage sur les personnes** qui vont réaliser le travail (« Qui » fait « Quoi » et « Quand »), sur les **objets utilisateurs** en les distinguant des objets techniques [BAR 88], sur les moyens qui

vont aider les utilisateurs à atteindre leurs objectifs dans différentes **situations** caractéristiques, cf. la démarche centrée utilisateur [ISO 99a].

A travers ces éléments, c'est également la répartition et l'enchaînement des principales tâches qui sont étudiés. Cela conduit à faire des propositions pour la composition des menus du logiciel, la **structure** d'ensemble et les principaux modes de **navigation**. Si ces éléments sont adaptés au travail à réaliser, la manipulation du logiciel devient simple et efficace. Les aspects de présentation apportent des compléments pour faciliter la lisibilité des écrans, la compréhension des libellés, le regroupement des informations liées... Mais là encore, les ergonomes s'efforcent d'identifier les éléments utiles dans un contexte d'utilisation, les **informations manquantes ou superflues**, à déplacer éventuellement d'une fonction vers une autre. Et ces aspects ont un impact également sur l'analyse fonctionnelle.

Pour éviter que ces éléments ne soient fournis tardivement, risquant alors d'être perçus comme des remises en cause coûteuses de la conception, il est indispensable d'établir une **coopération** efficace dès les **phases amont** du projet. Cela permet de mieux anticiper les conséquences des besoins identifiés et de construire en commun les compromis nécessaires en fonction des outils disponibles (cf. chapitre 1, les méthodes enrichies sous l'angle des interactions homme-machine, en particulier le modèle Nabra ; voir aussi [KOL 97] pour une présentation détaillée).

2.2.6. *Simuler les situations d'utilisation*

Il pourrait être tentant de penser qu'en modifiant les méthodes de conception, et pourquoi pas en utilisant l'ergonomie, on va arriver à définir la procédure parfaite, celle qui ne laisse plus aucun écart entre le travail prescrit et le travail réel. Mais la meilleure analyse de l'existant et les meilleurs outils ne garantissent pas directement un logiciel adapté aux nouveaux modes de fonctionnement. C'est le **paradoxe** de toute **ergonomie de conception** : pour porter un diagnostic suffisamment sûr, il faudrait pouvoir effectuer l'analyse d'une situation de travail qui n'existe pas encore ; mais s'il fallait attendre qu'elle soit créée, il risquerait d'être trop tard pour réaliser des aménagements substantiels. Pour lever ce paradoxe, il faut construire une situation dans laquelle les utilisateurs développent l'activité cognitive la plus proche possible de la future situation de travail, effectuer une observation et une analyse de cette activité, se baser sur ces éléments pour formuler des propositions [THE 84].

Il faut donc effectuer des évaluations au cours de la conception, en approchant progressivement l'activité future, par des observations lors de **simulations** avec des maquettes ou des prototypes... Mais il ne s'agit pas de tester une fonction précise, ni même l'enchaînement ou l'interaction de plusieurs fonctions. Plus globalement, on

s'efforce de reconstituer différentes **situations d'utilisation** [VAL 93], définies par un contexte de départ, des objectifs à atteindre, des moyens techniques, voire organisationnels..., car il s'agit bien d'anticiper les **interactions** de ces différents facteurs. L'évaluation est donc basée sur des **scénarios** correspondant à des **objectifs de tâches** représentatives du futur travail. Les scénarios sont décomposés en étapes intermédiaires (buts, sous-buts, conditions...), par exemple en utilisant un formalisme tel que MAD (cf. le chapitre 3). Il s'agit de préciser les modalités de travail avec le logiciel, d'anticiper la dynamique de l'activité (le « comment ») : les modes de dialogue et de navigation (actions sur les objets, passage entre les différents composants) et les aspects de présentation (découpage des écrans, densité d'information, éléments à mettre en évidence, à rapprocher...).

Plus la situation est réaliste, plus les recommandations sont complètes. Plus l'évaluation est effectuée tôt dans le processus de conception, plus les améliorations sont simples à réaliser. Malgré tout, les situations de simulation sont forcément réductrices ; il faut donc procéder par **ajustements successifs** en introduisant des composantes supplémentaires au fur et à mesure de l'avancement du projet et mettre en place un **processus de conception itératif** dans lequel alternent des phases de développement et des phases d'évaluation : sur maquette, sur des réalisations partielles, en recette ou sur site pilote (cf. le chapitre 1 pour les cycles de conception en spirale).

2.2.7. Appréhender la globalité de la situation

Les orientations du travail de l'ergonome (objectifs de tâches, logique d'utilisation, simulation de situations, interactions des composantes, dynamique de l'activité...) soulignent implicitement une caractéristique fondamentale de l'ergonomie : l'effort de prise en compte de la **globalité des situations de travail** [GUE 97]. En effet, comprendre (et améliorer) la "réalité" d'une situation de travail, suppose de s'intéresser *a priori* aux différentes composantes impliquées (organisation, formation, outil, environnement).

Par exemple, les traitements réalisés sur le **logiciel** peuvent nécessiter en parallèle d'autres outils : des images vidéo ou des synoptiques ; les **objectifs de tâches** sous-entendent différents modes de partage des informations et donc différents supports de présentation ; la composition des menus interroge la question des habilitations (qui fait quoi) et par conséquent celle des modes d'organisation. Ces éléments induisent les **fonctions** du logiciel et l'interface de dialogue, mais également des contraintes sur **l'organisation des postes de travail** pour définir la visibilité des informations et les modes d'accès. De même, les contraintes physiques des **locaux** ont un impact sur **l'interface de dialogue** : adaptation des couleurs en fonction de l'ambiance lumineuse, répartition des informations partagées en

fonction des surfaces disponibles... Le nombre d'écrans du poste de travail peut aussi induire des **fonctions** supplémentaires de synthèse ou des modalités d'actions particulières.

Les exemples précédents soulignent des **interactions** avec les locaux et la répartition des tâches pour les menus ou les regroupements de fonctions. D'autres éléments peuvent alimenter la formation ou la documentation. Au niveau de la conception des logiciels, les interventions ergonomiques sont souvent **spécialisées**, locales, en profondeur, focalisées sur l'adaptation de l'outil aux nouveaux modes de travail (structure des fonctions, navigation, présentation...). Le travail centré sur le logiciel ne permet pas de traiter tous les aspects du projet, mais le point de vue ergonomique permet de poser des **questions plus globales**. Ces questions peuvent être traitées dans d'autres étapes ou dans d'autres groupes de travail. Là aussi l'ergonomie peut jouer un rôle. En effet, si le point de vue ergonomique conduit à **interroger** la globalité, cela ne veut pas dire que chaque ergonome doit (peut, sait) intervenir à tous les niveaux et sur tous les aspects. L'ergonome ne prétend pas avoir les **mêmes** compétences que les spécialistes de chaque domaine : organisateur, formateur, informaticien... Garder la préoccupation de la globalité ne conduit pas à refuser des limites d'intervention. Au contraire, poser des limites, les reconnaître et les expliciter, revient à définir le **cadre d'intervention**.

Dans un projet d'informatisation, l'ergonomie peut être utile à différents niveaux, en largeur sur l'interaction des différentes composantes et en profondeur dans l'un des domaines (organisation, formation, logiciel, locaux...) [VAL 97]. Les **apports sont modulés** en fonction de l'ampleur du projet, des aspects à développer, de la charge correspondante, mais aussi de la sensibilité personnelle de l'ergonome (architecture, physiologie, informatique...), de la façon dont il perçoit ses compétences et ses limites...

De nombreuses questions restent en suspens sur la place de l'ergonome dans la conduite de projet en fonction de son degré de spécialisation. Certains ergonomes privilégient l'aspect **transversal**, en largeur, sur les différentes composantes. Ces interventions accompagnent plus généralement la conduite globale du projet informatique et les préoccupations de changement des modes d'organisation. La répartition de ces 2 tendances (globale/locale, largeur/profondeur), le choix des composantes éventuellement privilégiées (outil, organisation, formation...), se définissent de façon **dynamique** et **itérative**, en fonction des objectifs de l'intervention, des modes de coopération avec les autres acteurs et des niveaux d'intervention (projet, organisation, logiciel...).

Qu'il s'agisse de concevoir l'interface de dialogue d'un logiciel ou de participer à la refonte d'un système d'information et aux changements de métiers qui l'accompagnent, l'ergonomie peut ainsi apporter des connaissances et des méthodes

qui permettent une meilleure prise en compte de **l'homme au travail**, une meilleure adaptation des situations de travail aux besoins des utilisateurs.

2.3. Les méthodes et outils d'une analyse ergonomique

Avant de préciser les apports de l'ergonomie aux différentes phases d'un projet, cette deuxième partie décrit globalement les principaux aspects des méthodes et outils utilisés par les ergonomes.

2.3.1. Observations et restitutions

2.3.1.1. Observations/entretiens

Un dialogue satisfaisant suppose avant tout une répartition des fonctions adaptée au travail à réaliser. L'ergonome s'efforce donc de recueillir des éléments de compréhension sur **l'activité** des futurs utilisateurs. Cette activité est caractérisée par des comportements physiques **observables** (gestes, postures...) et mentaux (compétences, connaissances, raisonnements...) **non observables**. Lors d'un entretien, même au poste de travail, les utilisateurs ne peuvent fournir qu'une description partielle de la **représentation** qu'ils se sont construite de leur travail. Le risque est de mélanger des informations sur le système existant, ce qu'il devrait être ou ce qu'on souhaiterait qu'il soit. Et plus une personne est expérimentée dans un domaine, plus il lui est difficile de détailler ses stratégies de travail. Certaines tâches sont tellement intégrées qu'elles comportent alors des **automatismes** difficiles à expliciter mais définissant pourtant une part des compétences. Enfin, certaines adaptations sont tolérées par la hiérarchie pour éviter des blocages, mais **ne peuvent être formalisées**, par exemple si elles génèrent des risques potentiels.

Pour prendre connaissance de l'activité des personnes, l'ergonome utilise une technique particulière : il réalise des **observations** du déroulement du travail en situations réelles ou dans des situations de simulation [GUE 97]. Ces observations apportent des éléments sur les informations utilisées, les opérations effectuées, leur enchaînement, les outils manipulés, les cas difficiles, les informations manquantes ou difficiles à obtenir, les incidents et leurs conditions d'apparition...

Il ne s'agit pas de tout observer, tout noter, tout décrire. Les observations sont **échantillonnées** en fonction de la variabilité des profils d'utilisateurs (expérience, formation, rôles...) et des caractéristiques de la situation de travail : durée d'une tâche, nombre et complexité des composantes de la situation, rythmes de certaines périodes (jour, semaine, mois)... On retient des situations fréquentes (courantes, routinières), mais également des situations rares, ayant un poids particulier (par exemple une fin de mois), des situations difficiles, ayant généré des plaintes, faisant

l'objet de dysfonctionnements... ayant un **impact** potentiel sur **l'activité** ou présentant des risques pour la santé, la sécurité et/ ou l'efficacité.

2.3.1.2. Du papier à la vidéo

Les moyens utilisés pour des observations sont fonction des caractéristiques de la situation et du degré de **précision** nécessaire. Dans un premier temps, l'ergonome réalise quelques observations préalables, ouvertes, qui permettent d'identifier les principales composantes de la situation. En fonction des objectifs de l'étude, il détermine alors les principaux **critères** à étudier de façon systématique et le degré de finesse des recueils nécessaires : déplacements dans une salle, actions sur le clavier ou autre vecteur d'interface, saisie de données, prise d'informations à l'écran, consultation de zones très précises, mouvements des yeux, directions du regard... Chaque technique de recueil présente des avantages et des inconvénients. Les relevés peuvent être effectués directement par écrit, **papier – crayon**, si le rythme des opérations permet de noter les éléments au fur et à mesure. Dans ce cas, à partir des observations ouvertes, l'ergonome réalise souvent une **grille de recueil**, un support pour faciliter les relevés. Ces recueils directs sont relativement rapides à dépouiller mais ils sont limités par le filtre opéré pendant les relevés. Si des informations complémentaires sont estimées nécessaires pendant l'analyse, il faut compléter par des entretiens ou réaliser de nouvelles observations au risque de ne plus retrouver une situation exactement similaire.

Quand la situation le permet, pour comprendre les raisonnements qui guident les opérations, l'ergonome demande à la personne observée d'expliquer pourquoi elle procède de cette façon, quels sont ses objectifs, ses critères, comment elle élabore ses décisions. Ces explications fournies en même temps que le déroulement du travail constituent des **verbalisations simultanées**. Des questions complémentaires posées après une session de travail constituent des **verbalisations consécutives**. Les échanges avec les collègues, les communications, peuvent également faire l'objet de recueils pour appréhender les aspects collectifs du travail. Ces différentes verbalisations peuvent faire (ou non) l'objet **d'enregistrements audio** selon les questions sous-jacentes, la complexité des explications, le degré de précision souhaité dans les analyses, les réactions éventuelles des utilisateurs... Les verbalisations consécutives sont privilégiées quand la demande de verbalisations simultanées risque de trop perturber le déroulement du travail, dans le traitement d'opérations urgentes (par exemple SAMU, Police secours...), dans la conduite de processus à risque (par exemple le contrôle aérien), etc.

Il est alors souhaitable d'avoir des recueils précis permettant de replacer la personne dans son contexte de travail. Les **enregistrements vidéo** sont particulièrement adaptés dans ce cas. Le dépouillement de ces données est beaucoup plus long puisqu'il faut visionner les bandes pour sélectionner des passages significatifs (même s'ils ont été repérés en parallèle des recueils), soumettre ces

passages aux personnes concernées, écouter les bandes audio, voire les retranscrire... Les enregistrements vidéo nécessitent souvent plusieurs caméras pour reconstituer la globalité de la situation. Ils sont utilisés dans les situations complexes où les recueils directs seraient trop difficiles ou incomplets (par exemple pour un processus de conduite de centrale) ou quand les objectifs d'étude nécessitent des relevés très précis, par exemple pour les directions du regard.

Les recueils peuvent être complétés par des **enregistrements informatisés**, par exemple pour avoir des traces systématiques d'enchaînements d'actions, des résolutions d'incidents, des relevés de temps précis, des moyens de comparaisons systématiques...

2.3.1.3. *Mieux anticiper l'activité future*

Dans l'analyse de l'existant, les observations des utilisateurs servent à établir un bilan de la situation, identifier les contraintes existantes, recueillir des données informelles, mieux comprendre les incidents, intégrer la prise en compte des savoir-faire et des pratiques, **mesurer l'écart entre l'existant et la cible**. Et les observations de situations réelles restent le moyen privilégié pour identifier la diversité des situations et des contextes de travail, examiner les interactions entre les différentes composantes, mieux connaître les caractéristiques de la population, préciser les critères d'échantillonnage à retenir dans les tests aux différentes phases du projet (maquette, prototype, réception du produit final). L'objectif est **d'apporter des éléments concrets** qui contribuent à concevoir le projet sur des bases plus précises et à le rendre plus compatible avec le travail des utilisateurs.

L'utilisation de maquette ou de prototype permet d'évaluer l'adéquation des choix de conception aux besoins des utilisateurs. Elle s'appuie, là aussi, sur des observations de l'activité d'utilisateurs directs (actuels ou potentiels) effectuant des tâches avec le logiciel dans un contexte de **simulation** de la future situation de travail. A partir des éléments recueillis dans l'existant et des spécifications du projet, l'ergonome définit des **scénarios de tâches** permettant de placer les utilisateurs dans des situations représentatives de leur activité future [VAL 93]. Les recueils sont analysés pour formaliser le déroulement de l'activité, décrire et comprendre les **stratégies** de travail, identifier les écarts entre le réel et le prescrit, faire ressortir les points critiques, **analyser les erreurs** et incidents, leurs causes, leurs modes de résolution. Ces éléments permettent de proposer des recommandations pour les différents aspects du projet (logiciel, formation, organisation...).

2.3.1.4. *Restitutions*

Analyser implique forcément une part **d'interprétation**. Les résultats dégagés sont donc systématiquement présentés aux personnes concernées lors de réunions de

"**restitution**", afin de vérifier leur degré de validité, présenter les perspectives d'évolutions, soumettre des questions complémentaires et apporter les ajustements nécessaires [GUE 97]. Les éléments sont généralement présentés aux différents partenaires impliqués (utilisateurs directs, hiérarchie, concepteurs, clients). Selon le contexte du projet, les relations entre les différents acteurs, les groupes de travail constitués, ou encore les phases d'avancement, les restitutions peuvent faire l'objet **d'entretiens individuels** (par exemple pour préciser des éléments particuliers) ou de comptes-rendus collectifs sous forme de **réunions** de travail. Les restitutions sont appuyées de supports concrets (schémas, dessins d'écrans, voire supports vidéo) afin de faciliter le rappel du contexte, favoriser les échanges et **associer** plus facilement **les différents acteurs concernés**. Selon l'avancement du projet, la demande des acteurs ou les engagements formulés, les restitutions, le plus souvent verbales, peuvent s'accompagner de comptes-rendus écrits.

2.3.2. Groupe de travail et coopération

Un projet d'informatisation recouvre de nombreux aspects : organisation, formation, aménagements matériels, réseaux, bases de données, logiciel... Les différents domaines sont en interrelation, mais chacun nécessite des connaissances et des compétences particulières. L'intervention de l'ergonome peut concerner plusieurs aspects du projet, puisqu'il s'efforce de prendre en compte **l'interaction** des différentes composantes des **activités** étudiées. Même si le point central reste souvent la structure du logiciel et l'articulation des traitements, le point de vue ergonomique permet cependant de poser des questions plus globales, par exemple sur l'organisation du travail ou la formation.

L'ergonomie ne soutient pas pour autant que l'activité a forcément plus de valeur que la tâche, mais que l'activité a sa pertinence [HUB 96b]. Dans la conception d'un projet, les rôles des différents acteurs sont complémentaires mais segmentés ce qui nécessite de **confronter** les points de vue dans des réunions transversales afin d'identifier et de traiter les questions qui sont en interdépendance. La construction multidisciplinaire permet ainsi de faire évoluer le cadre de l'analyse et les modes d'intervention [HUB 97].

L'activité collective suppose différents modes de **synchronisation** : sur le plan **cognitif** (s'assurer que chacun a connaissance de l'état de la situation) et sur le plan de l'action (répartition des tâches, séquençement) [FAL 96]. Les **réunions de travail** constituent les espaces privilégiés pour mettre en commun les contributions de chacun, les confronter, les articuler. Mais pour être efficaces, ces réunions doivent regrouper les différents acteurs impliqués dans la conception : informaticiens, organisateurs, ergonomes, utilisateurs potentiels, responsables hiérarchiques... Cela permet de confronter directement les différents points de vue, de limiter les aller-

retours et les ajustements intermédiaires entre sous-groupes, **d'anticiper les interactions** entre les différentes composantes, de réduire les délais de mise au point, etc. Les précisions sont données directement à l'ensemble des participants, les divergences éventuelles peuvent être explicitées par les interlocuteurs concernés (sans intermédiaire).

Les études informatiques se traduisent souvent par de volumineux dossiers textuels dont il est difficile de se construire une représentation synthétique. Or pour confronter efficacement les différents points de vue, pour les comprendre (à défaut de les partager), il faut qu'il y ait un **référentiel commun partiel** et les échanges sont facilités par des **supports concrets**. Dessins d'écrans, schémas d'enchaînements, maquettes, ou encore prototypes, aident les différents acteurs à anticiper les contraintes ou les avantages des futures situations, servent d'illustration pour les explications ou les échanges [VAL 97]. Ils permettent d'examiner en commun différentes options de conception et de les affiner, tant au niveau de la structure des traitements, de la navigation ou des aspects de présentation. Ces **objets intermédiaires** servent de médiateurs dans le processus de conception, à la fois représentation, traduction des idées mentales, mais également support de nouvelles interactions. Plus les interactions sont nombreuses et variées (par la confrontation de multiple acteurs), plus la médiation est riche [JEA 96].

Les **scénarios d'activités projetées** constituent un support important de la coopération. Comme indiqué précédemment, il s'agit de formaliser les objectifs de tâches puis leur décomposition et leurs conditions de réalisation. Le déroulement des scénarios permet de simuler la future mise en œuvre des moyens définis par l'équipe de conception. Ce support est utile tout au long du projet [AUF 99] : au début, il permet d'envisager différentes orientations et leurs conséquences, favorise l'émergence des questions relatives aux domaines des différents acteurs ; il guide la préparation des tests de maquette ou de prototype pour définir le choix des **situations à simuler** ; enfin l'analyse des résultats de simulation apporte des éléments concrets sur différents aspects du système (organisation, interface de dialogue...) permettant d'intégrer la diversité des points de vue et de dégager des perspectives convergentes.

D'autres supports peuvent être efficaces dans le travail multidisciplinaire, par exemple l'utilisation des questions « **qui fait quoi, quand, comment, pourquoi** ». Comme nous l'avons indiqué précédemment, les informaticiens décrivent plutôt le « Quoi » en termes de fonctions du nouveau logiciel, les organisateurs le décrivent en termes de tâches et précisent certains profils, les ergonomes recentrent l'activité des personnes qui vont réaliser le travail, insistant beaucoup sur la dynamique des enchaînements. Chacun de ces points de vue apporte des éléments complémentaires et un travail commun conduit souvent à un réaménagement des options de conception, en particulier pour la structure des traitements.

Les différents supports présentés contribuent à rendre opérationnel le travail en équipe multidisciplinaire, favorisant une meilleure compréhension des positions des acteurs et des motivations correspondantes, **concrétisant la projection des futures situations**, facilitant ainsi la construction commune. Ce type de démarche contribue à infléchir les méthodes d'analyse vers une intégration de l'activité des personnes directement concernées. Il permet également de mieux analyser et concevoir les situations de travail en prenant en compte leur complexité, sans attendre les phases de tests, dès le travail d'élaboration dans les groupes de conception. Mais pour qu'il y ait **coopération**, il faut qu'il y ait des objectifs communs. Cela suppose de reconnaître que les apports des autres domaines et les remises en questions potentielles qu'ils comportent, permettent un gain d'efficacité sur le résultat final.

2.3.3. *Evaluation de maquette*

Une évaluation ergonomique consiste à **simuler une future situation** de travail avec des utilisateurs potentiels, pour vérifier l'adéquation d'un système informatique à un travail ou un usage dans un contexte donné. Les perspectives d'exploitation des évaluations sont multiples. Elles mettent en évidence les aspects positifs et négatifs de l'interface aussi bien sur le plan de **l'utilité** (stratégies de raisonnement en fonction des objectifs métiers de l'utilisateur, fonctionnalités nécessaires pour exécuter une tâche) que de **l'utilisabilité** (contraintes induites par l'outil de développement, facilités de manipulation et de navigation dans l'interface) [DIX 98].

Elles permettent de donner un **diagnostic** sur une interface existante dans le but de l'améliorer. Elles contribuent à la réalisation d'une nouvelle version ou d'un portage de l'application. Elles orientent les choix de logiciels par la possibilité de comparaison des différentes fonctionnalités et interfaces de dialogue proposées... En **impliquant les utilisateurs** dans le cycle de conception, les évaluations ergonomiques apportent des bénéfices sur de nombreux aspects. Elles permettent d'intégrer très tôt les besoins identifiés lors de l'analyse de l'activité et favorisent l'adhésion de la population cible. Elles évitent ainsi des modifications tardives donc coûteuses, aussi bien au niveau fonctionnel que pour l'IHM. Elles contribuent à faciliter la formation et à limiter le recours à une assistance extérieure (documentation, aide en ligne, hot line).

L'évaluation ergonomique est une technique utile à **différentes phases** du cycle de conception d'un logiciel, en particulier à trois étapes clés [DRO 96] : Définition des besoins (maquette d'engagement), conception générale et spécifications (maquette de conception), conception détaillée et recette d'interface (prototype).

2.3.3.1. *Définition des besoins (maquette d'engagement)*

Le rôle de cette évaluation est de partir sur des bases saines qui correspondent le plus possible aux métiers des utilisateurs et aux possibilités techniques du moment. Elle valide une ébauche, une esquisse, une **traduction des besoins** recensés. Elle alimente la réflexion sur la séparation entre le noyau fonctionnel et l'interface centrée utilisateur. Elle permet d'avoir une première réaction des utilisateurs sur l'orientation générale du futur produit (fonctionnalités présentes, manquantes, erronées, à modifier ; pertinence des techniques de dialogue proposées). Elle permet également aux concepteurs informatiques d'avoir un retour critique sur leurs représentations de la future application et d'orienter les phases suivantes de la conception. Elle n'a absolument pas la prétention de figer toute autre évolution ou évaluation ultérieure.

2.3.3.2. *Conception générale et spécifications (maquette de conception)*

A ce stade, il s'agit de consolider les spécifications de l'interface et d'évaluer les différentes propositions techniques. Ce n'est pas une validation de la dernière version de l'IHM. Cette évaluation doit pouvoir évoluer dans le cadre du suivi de la réalisation. Elle reste une technique de communication et de consolidation des points de vue des différents acteurs (utilisateurs, équipes de conception et de réalisation...).

2.3.3.3. *Conception détaillée et recette d'interface (prototype)*

Cette évaluation est la plus courante. Elle arrive en fin du cycle de développement. Sur le plan informatique, il s'agit souvent de vérifier que le logiciel fonctionne « normalement » (sans bogue). Sur le plan ergonomique, il s'agit de donner une appréciation détaillée sur l'utilité et l'utilisabilité de l'IHM. Elle doit proposer des solutions claires et précises, et pas seulement faire des constats d'incompatibilité avec la tâche ou de difficulté d'usage. Elle doit également rendre compte de l'émergence de nouveaux besoins exprimés par les utilisateurs et donc des évolutions du logiciel. Si elle s'inscrit dans le continuum des évaluations antérieures, elle permet d'ajuster les options précédemment définies. Par contre, s'il n'y a pas eu d'évaluation préalable, elle risque de faire émerger des remises en questions fondamentales sur l'architecture fonctionnelle, les principes de navigation, etc.

2.3.3.4. *Principe des évaluations*

Pour réaliser un produit adapté aux besoins des utilisateurs, l'ergonome doit connaître le **contenu des métiers** concernés (cf. dans le chapitre 3 l'analyse de l'activité). A partir de ces éléments, il va pouvoir : déterminer les questions précises auxquelles l'évaluation devra répondre, définir les critères d'échantillonnage de la

population cible, élaborer les scénarios de simulation, choisir les outils de recueils de données, planifier les conditions matérielles de passation des évaluations.

2.3.3.5. Définition de la population

L'ergonome participe à l'identification des profils d'utilisateurs. Les personnes choisies doivent être représentatives de la **population cible** du projet. Les critères d'échantillonnage sont fortement dépendants des situations concernées et des objectifs de l'intervention. Les critères retenus peuvent être par exemple :

- « taille de la main », « gaucher/ droitier », pour la position des commandes sur un périphérique d'entrée,
- « habitude des représentations 3D », pour des questions liées au réalisme des images de synthèse.

Les critères les plus fréquents sont : l'âge, le sexe, la fonction, le degré d'expérience dans la tâche, les niveaux de connaissance du domaine ou de la discipline... Il s'agit de réaliser une **évaluation qualitative** qui permette de découvrir de façon détaillée différentes modalités de travail. L'expérience montre qu'une part importante des renseignements donnés par les utilisateurs se recoupe. Il ne faut donc pas hésiter à combiner les différents critères. La taille de l'échantillon peut ainsi rester relativement limitée. Des traitements statistiques ponctuels peuvent compléter cette évaluation qualitative sur des points particuliers (par exemple : les temps de réponse).

2.3.3.6. Elaboration des scénarios

Les scénarios ne doivent pas reproduire les situations existantes. Au contraire, la simulation permet de projeter ce que seront les **futures situations** de travail. Il ne s'agit pas non plus de construire l'équivalent d'une situation de «recette informatique », essentiellement guidée par la logique du programme. Les scénarios doivent tenir compte, d'une part de l'activité et des connaissances des utilisateurs, et d'autre part des apports et des spécificités du logiciel. Enfin, il convient de construire des scénarios qui ne soient ni trop complexes, ni trop simplistes. On retient généralement des tâches correspondant aux **situations courantes** et des tâches plus délicates, nouvelles ou peu fréquentes. Les utilisateurs se retrouvent ainsi confrontés aux difficultés qu'ils rencontreront dans l'utilisation du logiciel en situation réelle de travail.

Les scénarios correspondent à la **décomposition des tâches** telles qu'elles sont envisagées. Il s'agit de décrire une décomposition structurée en buts et sous-buts intermédiaires mettant en évidence les objectifs que les utilisateurs cherchent à atteindre dans la planification de leurs actions, leur logique dans l'exécution de la tâche. Les scénarios sont donc définis de façon relativement détaillée pour aider les utilisateurs en cas de difficultés dans la procédure suivie, mais seuls les objectifs de

tâches sont imposés, les actions à accomplir restant au libre choix afin de révéler les stratégies mises en place. Par exemple, le scénario peut être composé de trois tâches : T1 « pour mieux visualiser la position du plan de coupe, vous conservez la représentation simplifiée du maillage », T2 « vous faites ensuite une animation d'un plan de coupe se déplaçant d'un bout à l'autre du maillage », T3 « vous visualisez la vitesse sous forme de flèches sur les mêmes plans de coupe ».

2.3.3.7. *Choix des modes de recueil*

Comme pour l'analyse de l'activité, les modes de recueil dépendent du **degré de précision** recherché, de la complexité des situations testées et du temps disponible pour effectuer l'évaluation [ISO 99b] (cf. 2.3.1.2 « du papier à la vidéo »). Dans les situations d'évaluation, il est possible de recourir à des laboratoires d'évaluation et à de l'instrumentation spécifique (par exemple permettant de recueillir des traces informatisées des actions au clavier ou à l'écran). Un **laboratoire d'évaluation** (ou banc de test) désigne un regroupement d'outils techniques permettant un enregistrement automatisé de l'interaction de l'utilisateur avec le logiciel. Les laboratoires peuvent être des installations fixes (des salles aménagées) ou portables, à déplacer au poste de travail de l'utilisateur. Les techniques courantes consistent à utiliser une ou **plusieurs caméras** qui enregistrent sous des angles différents la même scène, à savoir : l'interaction de l'utilisateur avec l'écran, le clavier et la souris, la verbalisation de toutes ses actions, l'utilisation des documents habituels de travail. Vu la richesse des données recueillies avec ces enregistrements audiovisuels, il est souvent préférable d'utiliser un outil de traitement (semi-) automatique, par exemple ERGOVAL (cf. le chapitre 10).

Les laboratoires présentent différents **avantages** : mise en situation sans la présence de l'observateur, recueils complets de toutes les actions et commentaires de la ou des personnes participant à l'évaluation, aide détaillée à l'exploitation des données enregistrées, supports audiovisuels venant à l'appui du rapport d'évaluation ou des réunions de restitutions...

2.3.3.8. *Les conditions de passation*

Dans la majeure partie des cas, la passation des tests est **individuelle**. Pour les produits grand public, plusieurs personnes peuvent être mises en situation simultanément. Quel que soit le contexte, l'évaluation doit être précédée d'une **présentation** rappelant la structure du logiciel et ses objectifs, le déroulement prévu pour l'évaluation et les résultats attendus. Un entretien permettant de cerner le profil des utilisateurs est aussi effectué.

Dans le cas d'un relevé **papier-crayon**, chaque participant est accompagné d'un observateur. Ce dernier donne la consigne générale d'un scénario et en observe la réalisation. Il relève les actions, les étapes suivies, les fonctionnalités utilisées, les

difficultés rencontrées, en s'aidant généralement d'une grille d'observation. Les commentaires demandés en parallèle aident à comprendre ce qui guide la personne (objectifs, informations recherchées, ses réactions ou ses hésitations). Dans le cas d'un **laboratoire** (ou banc d'essai), le ou les utilisateurs sont installés dans une salle. Le ou les observateurs (ergonomes, informaticiens, formateurs,...) se trouvent dans une salle voisine. La consigne générale est donnée de façon similaire. Les recueils sont automatisés (actions et verbalisations) et peuvent être accompagnés ou non de relevés papier-crayon. A la fin de l'évaluation, un **questionnaire** plus général est proposé. Il permet de couvrir les fonctions qui n'ont pas été évaluées dans les scénarios. Il complète les observations par le recueil d'appréciations subjectives et contribue au contrôle et à la validation des résultats obtenus.

2.3.3.9. Analyse des données

Les traitements des données recueillies dépendent de la **granularité** des résultats en fonction des contraintes temporelles ou techniques inhérentes au projet, des modalités de recueil d'informations (papier-crayon, laboratoires ou bancs de tests,...) et de la nature de l'activité (individuelle/collective, avec ou sans contrainte de temps...). Les données recueillies sont synthétisées pour comparer le fonctionnement attendu et l'utilisation réelle. Les traitements peuvent être les suivants, intra et inter utilisateurs :

qualitatif [BAS 94], [VAN 94a] (cf. le chapitre 10 pour les critères ergonomiques):

- traitement sémantique : identification aux objectifs de tâches, familiarité avec le contenu du travail réel, respect de la logique de fonctionnement et de raisonnement, facilité ou difficulté pour résoudre des problèmes (par exemple : analyse des erreurs, des incidents, stratégies mises en œuvre).
- traitement syntaxique : compréhension des règles de construction statique (par ex. présentation des informations) et dynamique (par ex. mode de navigation) de l'IHM,
- traitement sémiologique : reconnaissance des attributs de présentation, des symboles, des icônes, des termes d'usage courant ou à caractère technique...

quantitatif :

- temporel : temps total d'exécution des différentes tâches, d'une seule tâche...
- nombre de procédures pour atteindre un ou plusieurs objectifs,
- nombre d'erreurs : d'interprétation, de compréhension, d'inattention...

2.3.3.10. Propositions

Les recommandations ou propositions de solutions portent sur des points tels que :

- les fonctionnalités (regroupements logiques d'informations par rapport à la tâche, fonctions manquantes ou superflues) et leur lien avec l'organisation du travail (la répartition des tâches),
- les modes de dialogue et de navigation (touches fonctions, menus, raccourcis, actions directes sur des objets...),
- la présentation des informations (densité, couleurs, forme des logos...),
- la documentation et l'aide en ligne,
- la formation et l'assistance,
- la formalisation informatique sous forme de maquette rapide (pour appuyer le rédactionnel) ou l'accompagnement du développement ou de la modification du prototype.

Dans le rapport d'évaluation, les propositions concernant les **fonctionnalités** sont généralement présentées en reprenant la structure des spécifications fonctionnelles pour faciliter l'appropriation par l'équipe de développement ; les propositions concernant les **modalités de dialogue** et de présentation sont souvent structurées en s'appuyant sur des critères ergonomiques tels que l'homogénéité, la cohérence... (cf. le chapitre 10).

2.3.4. Questionnaires et entretiens

2.3.4.1. Questionnaires

Les **questionnaires** constituent une méthode empirique d'estimation de la qualité ergonomique d'une interface donnée ou de besoins des utilisateurs. Elle peut servir tant à la conception qu'à l'évaluation. Elle a généralement pour objectif de poser une série de questions à un échantillon considéré comme représentatif de la population des utilisateurs, actuels ou futurs, en vue d'élargir le recueil de données disponibles et, par là, d'enrichir l'analyse. Un questionnaire consiste en une suite ordonnée de question à propos desquelles les répondants émettent un avis. Une question est dite *fermée* lorsque les réponses possibles sont prédéterminées ou *ouverte* lorsque le répondant est libre de fournir la réponse qu'il juge applicable. Les questions fermées conviennent aux questions de conception, d'évaluation bien identifiées (p. ex. l'aide du système est-il facilement accessible ?, avec une réponse sur une échelle de Likert à 5 positions), tandis que les questions ouvertes ont pour objectif d'estimer des indicateurs subjectifs. Une question peut être *factuelle* (p. ex. combien de personnes utilisent le système d'aide ?), d'*opinion* (p. ex. que pensez-vous du système d'aide de ce logiciel ?) ou d'*attitude* (p. ex. quelle est votre expérience d'utilisation du système d'aide ?). On évalue généralement la satisfaction subjective d'un utilisateur à partir de questions d'attitude. La méthode par questionnaire peut se décomposer en cinq étapes [KIR 99] :

1. *l'élicitation* : elle consiste à identifier un certain nombre de questions ouvertes ou fermées permettant d'échanger de l'information au sujet de l'évaluation avec les répondants au questionnaire et de déclencher chez eux un processus de réflexion sur le sujet concerné par chaque question ;

2. *l'enregistrement* : il consiste à enregistrer les réponses des répondants dans un format permanent, interprétable et analysable, de préférence par un automate. L'enregistrement peut être alphanumérique, vocal ou vidéo ;

3. *la collecte* : il consiste à assembler les enregistrements, les organiser, les structurer, parfois les simplifier, en vue de l'étape suivante ;

4. *l'analyse* : elle consiste à interpréter les résultats collectés en vue d'aboutir à un diagnostic relatif à la conception, à l'évaluation de l'interface considérée.

5. *la prescription* : à partir de l'analyse, on dérive du diagnostic ergonomique des recommandations de conception pour un nouveau système ou de re-conception lors d'une refonte d'un système existant.

Par exemple, à la question fermée factuelle « Comment accédez-vous à l'information ? », les utilisateurs d'un intranet ont répondu sur une échelle de Likert à cinq positions dont la répartition est reproduite à la figure 2.1. Un peu moins de la moitié des personnes interrogées semble relativement à l'aise dans cet intranet, et trouve facilement les renseignements désirés. Par contre pour environ 16% de l'échantillon, l'accès à l'information paraît compliqué. Cet élément est à considérer d'autant plus qu'il influence le degré de satisfaction globale d'utilisation du site de manière significative.

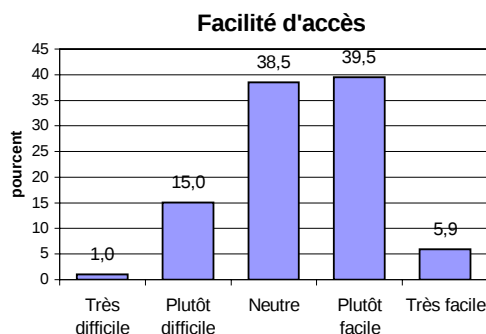


Figure 2.1. Répartition de la facilité d'accès à l'information dans un intranet

D'après le tableau 2.1, 83% des utilisateurs pour qui l'accès à l'information est aisé sont satisfaits de l'intranet en question. Par contre, parmi ceux qui trouvent difficilement les renseignements désirés, seuls 46% sont plutôt satisfaits. Notons encore que cette relation est caractérisée par un degré d'association (coefficient de

contingence) de 0,293 contre 0,190 pour la rapidité d'accès à l'information. Il semble donc que, dans ce cas, la facilité d'accès à l'information soit un facteur plus important que la rapidité dans l'évaluation du niveau de satisfaction globale.

			Facilité d'accès			Total
			Difficile	Neutre	Facile	
Satisfaction	Insatisfait	Fréquence	6	5	4	15
		Pourcentage	13,0 %	4,7 %	3,1 %	5,4 %
	Neutre	Fréquence	19	33	18	70
		Pourcentage	41,3 %	31,1 %	14,1 %	25,0 %
	Satisfait	Fréquence	21	68	106	195
		Pourcentage	45,7 %	64,2 %	82,8 %	69,6 %
Total	Fréquence		46	106	128	280
	Pourcentage		100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %

Tableau 2.1. Croisement de la facilité d'accès avec la satisfaction globale de l'utilisateur

2.3.4.2 Interviews

Il y a principalement trois types d'interview [PRE 94] :

- *l'interview structuré* : il consiste en une suite ordonnée de questions/réponses dont l'ordre est immuable d'un interviewé à l'autre. Fixer cet ordre se révèle fondamental dans les études où les résultats doivent pouvoir être comparés d'un interviewé à l'autre sans poser de problème d'incompatibilité ou d'incohérence de format. Cet ordre permet en outre d'effectuer directement des calculs statistiques pour aboutir à des conclusions quantitatives, par exemple, dans l'étude précédente, 84% des utilisateurs de l'intranet se révèlent satisfaits de leur utilisation. Les questionnaires s'avèrent un moyen pratique pour conduire naturellement un interview structuré dans la mesure où la définition du questionnaire n'autorise pas de variabilité d'un interviewé à l'autre.

- *l'interview non structuré ou flexible* : il consiste en une suite de questions/réponses dont l'ordre est choisi en cours d'interview par l'interviewer en fonction de l'interviewé. Rendre cet ordre flexible se révèle fondamental dans les études où les résultats escomptés s'orientent davantage vers la collecte d'attitudes personnelles à chaque interviewé. En dépit de cette flexibilité, disposer d'une liste préétablie de questions permet à l'interviewer de guider son interview dynamiquement. Ce type d'interview se prête davantage à des études qualitatives utiles pour tenir compte de l'avis de l'utilisateur final sur les besoins de l'interface, sur une option de conception ou sur une interface réelle, par exemple la température du corps humain pourrait être affichée sur écran selon les besoins sous la forme d'une liste de sélection, d'une liste de combinaison ou d'un thermomètre.

- *l'interview semi-structuré* : il consiste à combiner une suite de questions/réponses préétablie avec une liste de questions supplémentaires

sélectionnée de manière dynamique et opportune en fonction du déroulement de l'interview. Cette semi-structuration convient naturellement aux situations où l'interviewé ne relate pas suffisamment précisément son avis au travers de la réponse à la question. Dans ce cas, l'interviewer ajoute des questions du style « qu'entendez-vous par je ne suis pas satisfait de l'accès à l'information ? », « pouvez-vous préciser le problème de la non pertinence des informations fournies que vous éprouvez ? ». Les questionnaires dynamiques, qui comportent des sections parcourues en fonction de questions ou des réponses précédentes, s'avèrent un moyen pratique pour conduire un interview semi-structuré dans la mesure où leur définition dynamique autorise la variabilité d'un interviewé à l'autre.

2.4. Synthèse des apports aux différentes phases d'un projet

L'ergonomie peut intervenir sur l'ensemble du cycle de conception. Certaines méthodes (observations, évaluations sur scénarios...) et certains outils (questionnaires, grilles de recueils...) sont utilisés à des *étapes différentes* (étude d'opportunité, spécifications...) et avec des niveaux de granularités dépendants des contraintes temporelles, techniques et budgétaires. Leur *poids* n'est pas le même en fonction du moment d'utilisation et de leur inscription dans la *globalité du projet*. Par exemple, une évaluation a beaucoup d'impact en phase de spécification (mise au point de la structure et des principes de base) ; si elle intervient uniquement lors de la recette, elle peut remettre en cause aussi bien le fond que la forme. Les principaux apports sont présentés sous forme de tableaux synthétisant : les phases du projet (*quand*), les objectifs (*pourquoi*), les méthodes et outils (*comment*). Les actions les plus importantes (*poids*) sont mises en évidence en *italique/gras*.

Objectifs (pourquoi)	Moyens (comment)
Impliquer au plus tôt les utilisateurs	<i>Définir</i> l'échantillon de population Envoyer des questionnaires, faire des entretiens, étudier les fiches de poste
Mesurer l'écart entre le travail prescrit et l'activité réelle	Analyser la tâche <i>Observer</i> les activités existantes
Comprendre le référentiel actuel et les représentations du travail projeté	Différencier logique de fonctionnement et logique d'utilisation
Définir les principes généraux de la structure fonctionnelle	<i>Réaliser</i> (ou non) une maquette

Tableau 2.2. Etude d'opportunité

Objectifs (pourquoi)	Moyens (comment)
Définir le mode de fonctionnement	Modéliser la tâche et l'activité Elaborer la structure détaillée de l'IHM
Donner les principes de dialogue (structure statique et dynamique)	Rédiger une charte de l'IHM (navigation, présentation)
Evaluer les choix de conception (fonctionnels/ IHM)	Réaliser des tests utilisateurs Simuler des scénarios d'activités (maquette et/ ou prototype) Observer les activités simulées
Resituer la globalité de la situation	Prévoir la formation, la documentation (aide en ligne et manuel utilisateur), anticiper l'organisation
Confronter les points de vue des différents acteurs	Réunir , échanger, synthétiser (Groupes de travail)

Tableau 2.3. Spécifications

Objectifs (pourquoi)	Moyens (comment)
Accompagner le développement du logiciel	Préciser les aspects dynamiques
Intégrer les contraintes techniques	Prévoir des points de validation intermédiaires

Tableau 2.4. Réalisation

Objectifs (pourquoi)	Moyens (comment)
Vérifier l'adéquation des fonctionnalités aux besoins des utilisateurs	Réaliser des tests utilisateurs Simuler des scénarios d'activités
Finaliser la documentation (manuel utilisateur et aide en ligne)	Inclure l'utilisation de la documentation dans les tests
Vérifier l'application de la charte IHM	Analyser systématiquement les différents modules
Accepter ou refuser le produit	Rédiger le rapport d'évaluation et émettre un avis (favorable / défavorable)

Tableau 2.5. Recette

Objectifs (pourquoi)	Moyens (comment)
Préparer un changement de version	Observer l'activité en situation (retour d'expérience)

Tableau 2.6. Maintenance

2.5. Le lien avec les outils du génie logiciel

Il s'agit maintenant d'indiquer comment les *méthodes ergonomiques* peuvent être couplées aux *méthodes du génie logiciel*. Ce couplage est illustré sur deux méthodologies de développement d'applications interactives : MUSE [LIM 94] et TRIDENT [BOD 95].

2.5.1. Approches orientées modèle

Les approches orientées modèle (en anglais, *model-based approaches*) se fondent sur la manipulation d'un modèle de l'interface en cours de développement pour enregistrer les besoins, les spécifications et d'autres informations à propos de l'application interactive. Un *modèle de l'interface* est censé représenter une collection de concepts propres à une famille d'interfaces à l'aide d'un langage de modélisation en fonction des besoins. Les concepts les plus fréquemment modélisés se trouvent dans les modèles suivants [VAN 99].

Le *modèle de la tâche* consiste en une description de la tâche prescrite à accomplir par l'utilisateur en situation de travail par l'intermédiaire d'une application interactive. Un modèle de la tâche se présente souvent sous la forme d'une décomposition arborescente de la tâche prescrite en sous-tâches jusqu'au niveau terminal des actions. Ces actions travaillent sur des objets de la tâche. A cette décomposition arborescente peuvent s'ajouter d'autres relations entre les éléments du modèle, par exemple des relations de causalité, des relations temporelles, des relations cognitives.

Le *modèle du domaine* précise les objets sur lesquels une tâche travaille et que l'utilisateur voit, accède et manipule au travers d'une interface donnée. Historiquement, les modèles de données ont formé les premiers modèles du domaine en vertu de leur proximité avec le monde informatique. De nos jours, les modèles du domaine se veulent davantage des modèles de haut niveau permettant d'exprimer la structuration des informations manipulées dans les objets et leur sémantique, par exemple les schémas entité-association et les modèles orientés objet.

Le *modèle de l'utilisateur* essaie d'appréhender la population potentielle des utilisateurs en la partitionnant en stéréotypes. Un *stéréotype* [RIC 88] d'utilisateurs rassemble des utilisateurs réels ou potentiels partageant des caractéristiques semblables. Ces caractéristiques peuvent être d'ordre physique (par exemple un utilisateur daltonien, myope), cognitif (p. ex. quel est le modèle mental de l'utilisateur devant une même tâche prescrite), socio-organisationnel (p. ex. quel est le rôle joué par l'utilisateur au sein de l'organisation), personnel (p. ex. quelles sont

les préférences d'affichage de tel utilisateur) ou conventionnel (p. ex. quel est le mode de présentation de l'information habituellement utilisé).

Le *modèle de la présentation* consiste en une description des objets de l'interface tels que l'utilisateur les perçoit, les manipule. Ces objets peuvent être de nature visuelle (p. ex. un bouton de commande dans une fenêtre), auditive (p. ex. une icône sonore traduisant un processus continu) ou haptique (p. ex. le retour de force sur un stick de manipulation d'objets tridimensionnels). Un modèle de la *présentation* débute souvent d'une décomposition arborescente des objets interactifs de l'interface des objets les plus agrégés (p. ex. la fenêtre de l'application, une fenêtre fille) jusqu'aux objets les plus élémentaires (p. ex. un libellé, un champ d'édition). A cette relation de structuration peuvent s'ajouter [VAN 94b] des relations de localisation (ou l'objet graphique est-il placé), de dimensionnement (comment l'objet est-il dimensionné à l'écran, p. ex. en longueur et largeur) et d'arrangement (comment les objets appartenant à un même conteneur sont-ils agencés entre eux).

Le *modèle du dialogue* ou de la *conversation* exprime les manières dont l'utilisateur peut interagir avec les objets de l'interface dont la présentation a été spécifiée dans le modèle de la présentation. Il contient notamment les actions que l'utilisateur peut initier sur les objets (p. ex. acquérir une information sonore) et les réactions de l'interface à ces actions (p. ex. restituer une synthèse sonore d'une phrase). Si le modèle de la présentation se centre sur les aspects statiques de l'interface, on considère que le modèle du dialogue concerne les aspects dynamiques de cette interface.

Le *modèle de la plate-forme* résume une plate-forme logicielle et/ou matérielle sous la forme d'une décomposition arborescente de dispositifs visuels. Chaque dispositif visuel est caractérisé par une série d'attributs, tels que la résolution, la taille de l'écran, le nombre de couleurs, le nombre de palettes de couleurs, la disponibilité de dispositifs d'interaction, la connexion à un réseau. L'objectif ultime de ce modèle consiste à tenir compte des contingences logicielles et matérielles imposées à l'interface en question ou à s'en abstraire de façon à faciliter le processus de développement. Le modèle de la plate-forme s'avère primordial pour l'ergonomie d'interfaces devant tourner sur plusieurs plates-formes différentes tout en préservant un certain niveau de cohérence inter-application.

Le *modèle de l'aide* appréhende l'interaction que l'utilisateur peut mener avec l'interface à propos de tout objet de l'interface et de sa connexion avec tout objet du domaine. Il régit la manière dont l'utilisateur peut effectuer l'appel à l'aide, le type de question d'aide, le contenu des réponses d'aide et la navigation dans les connaissances utiles à l'aide. La principale utilité de ce modèle réside dans sa

capacité à exprimer différentes variabilités de la présentation et du dialogue d'aide en fonction de paramètres, p. ex. en fonction de l'utilisateur et de la plate-forme.

Le nombre, la granularité et la complexité des modèles utilisés dépendent de facteurs contextuels à la tâche et de la finalité du processus de développement de l'interface. Certaines méthodologies privilégient l'un ou l'autre des modèles, séquentialisent leur manipulation ou, au contraire, la laissent ouverte. Par exemple, si une interface est censée tenir compte de paramètres propres à un type d'utilisateur donné, il est souhaitable qu'un modèle de l'utilisateur enregistre ces spécifications. Si, au contraire, l'interface ne doit prévoir aucune adaptation, un tel modèle s'avère moins fondamental.

Les déclarations enregistrées dans chaque modèle se prêtent volontiers à une intervention ergonomique : ces déclarations peuvent être soit soumises à une épreuve (p. ex. l'évaluation de règles ergonomiques) soit faire directement l'objet d'une spécification ergonomique par construction (p. ex. en génération à base de règles ergonomiques). Bien que de nombreux systèmes explorent ces deux alternatives, aucune étude n'a pu les distinguer. Evidemment, la qualité et l'efficacité de ces deux approches dépendent fortement de la richesse des déclarations enregistrées et des connaissances ergonomiques manipulées par le système [AFN 95]. Un modèle pauvre ne peut pas donner lieu à une évaluation ou à une génération riche, mais il est possible de préserver la qualité d'un modèle riche au cours de transformations successives.

Une *méthode*, *démarche* ou *approche* structure les activités de manipulation de ces modèles en vue d'aboutir à une modélisation représentant le plus finement possible les propriétés comportementales escomptées d'une interface. Une telle méthode peut être rigide si elle contraint le concepteur à manipuler les modèles dans un certain ordre ou être flexible si elle laisse au concepteur la liberté de manipuler conjointement les modèles, en série ou en parallèle.

Des *outils logiciels* supportent généralement la méthode basée sur les modèles. Ces outils comprennent notamment : un éditeur textuel/graphique de modèle, un vérificateur de la complétude, de la cohérence et de la correction des modèles, des transformateurs de modèles, des convertisseurs de modèles, des médiateurs assurant des transformations intelligentes, des générateurs de code à partir des modèles ou des interpréteurs de ces modèles rendant exécutables leurs déclarations.

2.5.2. La méthodologie MUSE

La méthodologie "a Method for Usability Engineering" (MUSE) [LIM 94] est un exemple de méthodologie intégrant fructueusement l'ergonomie du logiciel au génie

logiciel dans une perspective de considération de l'interface. La démarche de conception de l'interface structurée en trois phases transformationnelles (fig. 2.2) :

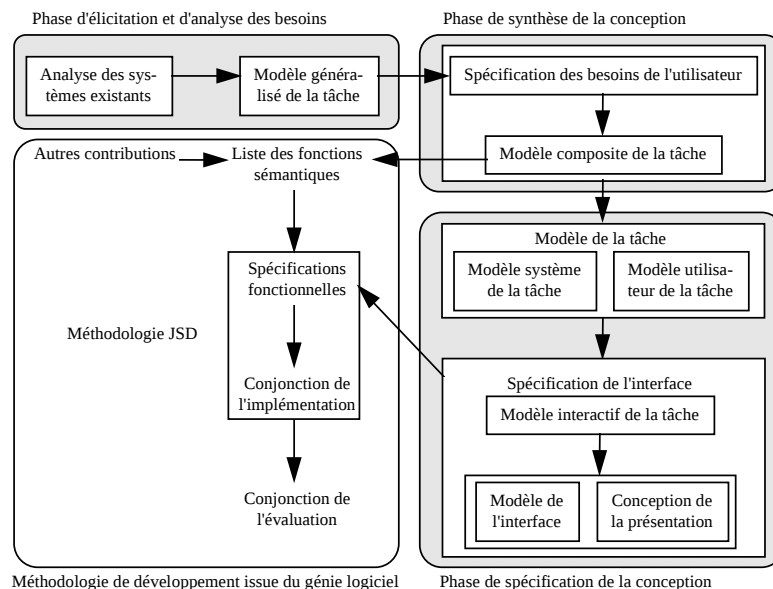


Figure 2.2. Schéma de la méthodologie MUSE

– la **phase d'élucitation et d'analyse des besoins**. Dans cette phase, on collationne et analyse toute information destinée ultérieurement à la phase de synthèse de la conception. Elle consiste en deux étapes :

1. l'analyse des systèmes existants acquiert toute information pertinente concernant le système d'information couramment utilisé et tout système voisin (p. ex. appartenant au même domaine d'activité) : tâches interactives à accomplir, population des utilisateurs, environnement physique (p. ex. les ordinateurs). L'objectif est d'identifier tout traitement source de problème pour les utilisateurs ou susceptibles d'être utilisé dans le nouveau système.
2. le modèle généralisé de la tâche résulte de l'analyse des systèmes existants avec l'expression des besoins, se veut une description synthétique, indépendante de tout système existant.

– la **phase de synthèse de la conception**. La deuxième phase se scinde en trois étapes en s'appuyant sur les informations du modèle généralisé de la tâche produit à la phase précédente :

1. la spécification des besoins de l'utilisateur dresse la liste des besoins ergonomiques pour la conception tels que les critères ergonomiques de conception (p. ex. la performance), les problèmes des utilisateurs, le niveau de support à la tâche requis. La sémantique du domaine d'activité auquel le système appartient et sa liaison avec l'environnement socio-organisationnel sont aussi analysés à cette étape.

2. l'étape du modèle composite de la tâche exprimant l'analyse conceptuelle du système cible est réalisée en interpénétrant le modèle général de la tâche par le modèle de la tâche cible. La création du modèle composite de la tâche est informée conjointement par la spécification des besoins de l'utilisateur et la description du domaine du discours conceptuel. Le but poursuivi ici consiste à promouvoir la considération des problèmes rencontrés par l'utilisateur et des caractéristiques particulières de la tâche de façon à être reflétées dans la conception de l'interface. Les spécifications résultantes sont consolidées avec celles issues du génie logiciel pour s'assurer que des fonctions sémantiques correctes soient disponibles pour accomplir la tâche. Les unités de tâche accomplies avec le système (tâches en ligne) sont distinguées de celles qui ne le sont pas (tâches hors ligne). Une certaine performance est prise ici par hypothèse dans l'accomplissement de la tâche dépourvue d'erreurs pour éviter de complexifier d'emblée la structure générale de la tâche. Les erreurs potentielles de l'utilisateur sont confinées à la troisième phase.

3. durant l'étape du modèle de la tâche, le modèle composite de la tâche est décomposé en sous-tâches séparées pour donner lieu au modèle système de la tâche et au modèle utilisateur de la tâche. Les sous-tâches décomposées sont réparties dans l'un ou l'autre modèle selon qu'elles sont en ligne ou hors ligne. Dans le modèle système de la tâche, toutes les fonctions (dont les fonctions sémantiques) sont allouées entre le système (auquel cas elles sont annotées par une étiquette "C" pour "Computer") et l'utilisateur (auquel cas elles sont annotées par une étiquette "H" pour "Human").

– la **phase de spécification de la conception**. Cette phase finale raffine l'analyse conceptuelle jusqu'à obtenir des spécifications implémentables pour un système avec des mécanismes de recouvrement des erreurs potentielles de l'utilisateur. Ce raffinement s'effectue en deux étapes :

1. dans l'étape du modèle interactif de la tâche, les feuilles du modèle utilisateur de la tâche représentant les comportements humains (annotées par "H") sont récursivement décomposés pour produire la conception détaillée de l'interaction en fonction de styles et moyens d'interaction spécifiques. Cette conception est pilotée par les règles ergonomiques du guide de style de l'environnement physique choisi, mais aussi par la spécification des besoins de l'utilisateur et le domaine du discours conceptuel. Le modèle interactif de la tâche est annoté (p.

ex. par un identifiant d'écran) pour indiquer les transitions d'écran majeures, qui surviennent aux articulations des sous-tâches.

2. l'étape du modèle de l'interface décompose les feuilles du modèle système de la tâche pour représenter les comportements du système en un ensemble de descriptions détaillées des comportements d'objets interactifs en réponse à des événements concrets spécifiés. Dans l'étape de conception de la présentation, les écrans graphiques sont dessinés manuellement ou à l'aide de tout environnement de construction d'interface de façon à coïncider avec les limites d'écran identifiées dans le modèle interactif de la tâche. Les objets interactifs concrets constituant les écrans sont inventoriés dans le dictionnaire des objets d'écran. Le diagramme d'activation des écrans inter-sous-tâches spécifie les conditions dans lesquelles les transitions d'écran surviennent, avec les conditions qui déclenchent les messages d'erreur. Les messages d'erreur et les dialogues sont listés dans la table des dialogues et des messages d'erreur.

2.5.3. La méthodologie *TRIDENT*

TRIDENT consiste en une méthodologie de développement d'applications de gestion hautement interactives fondée sur 4 pré-requis méthodologiques (fig. 2.3) :

- ***l'analyse contextuelle*** : elle comprend une analyse complète de la tâche (avec identification des buts, sous-buts et procédures), incluant la caractérisation des stéréotypes d'utilisateur et de l'environnement de travail dans lequel les utilisateurs sont plongés. A partir de ces informations, l'objectif est de suivre une démarche systématique de spécification des composants de l'interface à partir du produit de cette analyse contextuelle.

- ***l'analyse ergonomique*** : à partir des résultats de l'analyse contextuelle, elle identifie un sous-ensemble de facteurs d'utilité et d'utilisabilité, de critères et de recommandations ergonomiques [VAN 95] qui piloteront des étapes ultérieures de la conception de l'interface.

- ***l'analyse de l'interaction*** : toujours à partir des résultats de l'analyse contextuelle, elle décide les options de conception de l'interface. Ceci comprend notamment : la sélection de styles d'interaction appropriés au contexte en fonction des paramètres propres à la tâche, à l'utilisateur et à l'environnement [VAN 00], puis la dérivation de quatre attributs globaux de l'interaction : le contrôle du dialogue, le séquençement du dialogue, le mode de dialogue, le mode de déclenchement des fonction et la métaphore.

- ***l'analyse fonctionnelle*** : relevant typiquement du génie logiciel, ce pré-requis considère les objets produits par l'analyse de la tâche et les relations entre ceux-ci de façon à les spécifier dans un schéma conceptuel basé sur un modèle entité-association orienté objet. Sont ensuite identifiées les fonctions sémantique de l'application qui formeront le noyau fonctionnel (cf. le chapitre 7). Après avoir

décrit les aspects statiques de la tâche, il reste à en décrire les aspects dynamiques. Ce modèle de comportement de la tâche peut être représenté graphiquement sous la forme d'un graphe d'enchaînement des fonctions. Ce graphe établit un contrat entre le programmeur responsable des fonctions sémantiques de l'application et le concepteur chargé de l'interface. Il exprime un flux d'informations entre des fonctions qui s'enchaînent afin de définir une logique fonctionnelle en vue de réaliser le(s) but(s) assignés à la tâche interactive.

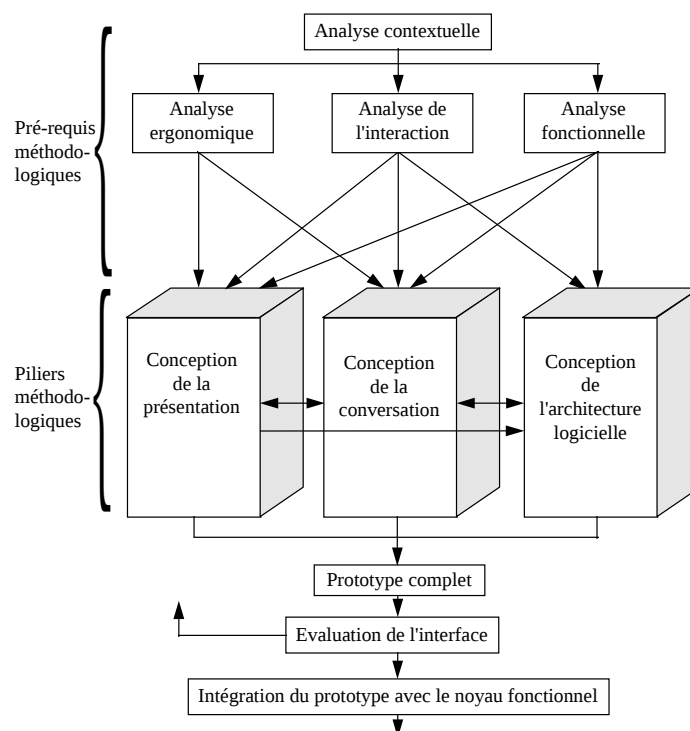


Figure 2.3. Schéma de la méthodologie TRIDENT

La **conception de la présentation** est entièrement pilotée par les connaissances ergonomiques sélectionnées dans l'analyse ergonomique : on procède à l'identification d'unités de présentation (UP) qui correspondent à un monde de saisie et d'affichage propre à l'accomplissement d'une sous-tâche de la tâche interactive. Une unité de présentation se décompose en une ou plusieurs fenêtres logiques non nécessairement présentes simultanément à l'écran [BOD 94]. Chaque unité de présentation comprend au moins une fenêtre appelée *fenêtre de base* à partir de laquelle les fenêtres de l'unité sont enchaînées. L'identification des fenêtres

logiques suit avec celle des objets interactifs composant chaque fenêtre logique. Ces objets sont sélectionnés (cf. à ce sujet le chapitre 9) puis placés dans les fenêtres en fonction des connaissances ergonomiques [VAN 94a].

La **conception de la conversation** avance au fur et à mesure que la conception de la présentation se précise à trois niveaux :

- *le niveau inter-UP* : comment déclencher les différentes sous-tâches matérialisées par les UP au niveau d'une tâche interactive ?
- *le niveau intra-UP (ou inter-fenêtre)* : comment enchaîner les différentes fenêtres entre elles au niveau d'une unité de présentation ?
- *le niveau intra-fenêtre* : quelles sont les dépendances de comportement des objets interactifs au sein d'une même fenêtre ?

La **conception de l'architecture logicielle** suit un modèle d'architecture inspiré de PAC (cf. le chapitre 8). Une particularité concerne sa volonté de déduire systématiquement les objets du modèle d'architecture à partir des spécifications obtenues dans le graphe d'enchaînement des fonctions. Ce modèle d'architecture comporte trois classes d'objets dont l'identification, les règles de comportement et les interrelations seront décrites comme suit :

- la classe des objets de contrôle (OC) est une classe générique qui se décompose en OC de plusieurs types qui gèrent le dialogue et assurent la correspondance entre les structures de données de l'application et celles de la présentation. Chaque OC possède un comportement propre qui est le siège d'une partie de cette gestion du dialogue et cette correspondance. Ce comportement prend la forme d'un script rédigé à l'aide d'un langage de règles, script qu'il est possible de représenter partiellement graphiquement à l'aide d'un diagramme état-transition ;
- la classe des objets de l'application (OA) n'est pas décomposable, ses éléments représentent les fonctions de l'application ;
- la classe des objets interactifs (OI) est une classe générique qui se décompose en OI de deux types : les OIC issus de l'application traduisant les informations en entrée/sortie des fonctions et les OIC induits strictement par le dialogue (p. ex. les boutons de commande permettant le déclenchement des fonctions).

La réalisation des trois conceptions mène à l'obtention d'un prototype complet qui peut être soumis à une évaluation précoce afin de garantir la qualité ergonomique de l'interface. Tout dysfonctionnement ergonomique peut donner lieu à un retour à une des phases antérieures. Lorsque les dysfonctionnements ergonomiques sont réduits, l'interface peut être intégrée avec le noyau fonctionnel pour former une application interactive exécutable.

2.6. Ergonomie et génie logiciel : des apports complémentaires

Les exemples de ce chapitre illustrent différents modes d'articulation de l'ergonomie et du génie logiciel. Privilégiant le modèle des utilisateurs (activité/tâche) et de l'interaction (présentation, modes de dialogue), la démarche ergonomique apporte un éclairage complémentaire aux aspects techniques, en particulier pour les spécifications fonctionnelles et l'évaluation itérative du logiciel. Ainsi intégrées, les deux démarches peuvent construire un processus de coopération efficace aux différentes phases d'un projet d'informatisation.

2.7. Bibliographie

- [AFN 95] AFNOR Z 61-102, Vocabulaire de la qualité du logiciel, Association Française pour la Normalisation, juillet 1995.
- [AUF 99] Aufort C., Bellies L., Jeffroy F., Jourdan M., Lewkowitch A., Rouquet G., Valentin A. et Valléry G., "La coopération comme moyen d'intégration de l'activité dans les projets de conception", *Performances humaines et techniques*, p. 12-24, avril 1999.
- [BAR 88] Barthet M.-F, *Logiciels interactifs et ergonomie*, éditions Dunod, Paris, 1988.
- [BAS 94] Bastien J.M.C., Scapin D.L., Evaluating user interface with ergonomic criteria, rapport de recherche INRIA N° 2326, INRIA, Le Chesnay, Août 1994.
- [BOD 94] Bodart F., Hennebert A.-M., Leheureux J.-M. et Vanderdonckt J., "A model-based approach to presentation: a continuum from task analysis to prototype", In *Interactive Systems: Design, Specification and Verification*, Springer-Verlag, Berlin, p. 77-94, 1995.
- [BOD 95] Bodart F., Hennebert A.-M., Leheureux J.-M., Provot I., Vanderdonckt J. et Zucchini G., "Key activities for a development methodology of interactive applications", In *Critical Issues in User Interface Systems Engineering*, Springer-Verlag, Berlin, p. 109-134, 1995.
- [DIX 98] Dix A, Finlay J, Abowd G, Beale R, *Human-computer interaction*, Prentice Hall, 1998.
- [DRO 96] Drouin A, "Rôles et limites de l'évaluation et aide à l'exploitation des évaluations", Actes de la Conférence Ergo-IA, Biarritz, 1996.
- [FAL 96] Falzon P, Darses F, "La conception collective : une approche de l'ergonomie cognitive", in De Terssac G., Friedberg E. (Eds.), *Coopération et conception*, Octarès, Toulouse, p. 123-135, 1996.
- [GUE 97] Guérin F., Laville A., Daniellou F., Duraffourg J. et Kerguelen A., *Comprendre le travail pour le transformer, la pratique de l'ergonomie*, ANACT, Paris, 1997.
- [HUB 96a] Hubault F., Noulain M. et Rabit M., "L'analyse du travail en ergonomie", in *Traité d'ergonomie*, éditions Octarès, Toulouse, p. 289-309, 1996.

- [HUB 96b] Hubault F., "Intervenir par l'ergonomie : une offre de coopération/ Coordination ; pour quelles finalités? ", *Bulletin de la SELF*, n° 97, p. 20-35, 1996.
- [HUB 97] Hubault F., "Coordinations et coopérations dans l'intervention en ergonomie, à quoi l'ergonome participe-t-il? ", *Performances humaines et techniques*, p. 2-10, septembre 1997.
- [ISO 99a] Norme ISO/ FDIS 13407, Processus de conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs, Mars 1999.
- [ISO 99b] Norme ISO/ PDTR 16982, Usability methods supporting human-centred design, 1999.
- [JEA 96] Jeantet A., Tiger H., Vinck D., Tichkiewitch S., "La Coordination par les objets dans les équipes intégrées de conception de produit", in De Terssac G., Friedberg E. (Eds.), *Coopération et conception*, Octarès, Toulouse, p. 86-121, 1996.
- [KIR 99] Kirakowski J., A quick guide to usability engineering resources, 1999, accessible à <http://inf2.pira.co.uk/jzus1.htm>.
- [KOL 97] Kolski C., *Interfaces Homme-machine, applications aux systèmes industriels complexes*, éditions Hermès, Paris, 1997.
- [LIM 94] Lim K.Y. et Long J., *The MUSE Method for Usability Engineering*, Cambridge University Press, Cambridge, 1994.
- [OCH 81] Ochanine D., "L'image opérative", *Actes du séminaire de l'Université de Paris 1*, 1981.
- [PAV 89] Pavé F., *L'illusion informaticienne*, L'Harmattan, 1989.
- [PRE 94] Preece J., Rogers Y., Sharp H., Benyon D., Holland S. et Carey T., *Human-Computer Interaction*, Addison-Wesley, New York, 1994.
- [RIC 83] Richard J-F., *Logique de fonctionnement et logique d'utilisation*, Rapport de recherche INRIA, N° 202, Rocquencourt, 1983.
- [RIC 88] Rich E., "Stereotype and User Modeling", in Kobsa A., Wahlster W. (Eds.), *User Models in Dialog Systems*, Springer-Verlag, Berlin, p 35-51, 1988.
- [SCA 90] Scapin D.L., Pierret-Golbreich C., "Towards a method for task description: MAD", *Proceedings of Work with Display Units*, WDU-89, p. 371-380, 1989.
- [SCA 97] Scapin D.L. et Bastien Ch., "Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems", *Behaviour & Information Technology*, vol. 6, p. 220-231, 1997.
- [SEB 95] Sébillotte S., "Methodology guide to task analysis with the goal of extracting characteristics for human-computer interfaces", *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 7, p. 341-363, 1995.

- [THE 84] Theureau J., Pinsky L., "Paradoxe de l'ergonomie de conception et logiciel informatique", *Revue des conditions de travail*, n° 9, 1984.
- [VAL 93] Valentin A., Valléry G., Lucongsang R., *L'évaluation ergonomique des logiciels : une démarche itérative de conception*, ANACT, Paris, 1993.
- [VAL 97] Valentin A., "Coopérations dans la conception ou l'évolution de situations informatisées, modalités et positionnement de l'ergonome : quelques propositions", *Performances Humaines et Techniques*, p. 61-63, septembre 1997.
- [VAN 94a] Vanderdonckt J., *Guide ergonomique des interfaces homme-machine*, Presses universitaires de Namur, Namur, 1994.
- [VAN 94b] Vanderdonckt J. et Gillo X., "Visual Techniques for Traditional and Multimedia Layouts", *Proceedings of 2nd ACM Workshop on Advanced Visual Interfaces*, AVI-94 (Bari, 1-4 juin 1994), ACM Press, New York, p. 95-104, 1994.
- [VAN 95] Vanderdonckt J., "Accessing Guidelines Information with SIERRA", *Proceedings of 5th IFIP TC 13 Int. Conf. on Human-Computer Interaction*, INTERACT-95 (Lillehammer, 27-29 juin 1995), Chapman & Hall, Londres, p. 311-316, 1995.
- [VAN 99] Vanderdonckt, J. et Puerta A.R., "Computer-Aided Design of User Interfaces II", *Proc. of 3rd International Conference of Computer-Aided Design of User Interfaces*, CADUI'99 (Louvain-la-Neuve, 21-23 octobre 1999), Kluwer Academics, Dordrecht, 1999.
- [VAN 00] Vanderdonckt J., "A Small Knowledge-Based System for Selecting Interaction Styles", *Proc. of Int. Workshop on Tools for Working with Guidelines*, TFWWG-2000 (Biarritz, 7-8 octobre 2000), Springer-Verlag, London, p. 247-262, 2000.