



HAL
open science

LE CALCUL DU RETOUR SUR INVESTISSEMENT (RSI) EST-IL INEVITABLE POUR VALORISER EFFICACEMENT LE METIER FACTEURS ORGANISATIONNELS ET HUMAINS (FOH) ?

T. Coye de Brunelis, J. Meric, J.F Vautier

► **To cite this version:**

T. Coye de Brunelis, J. Meric, J.F Vautier. LE CALCUL DU RETOUR SUR INVESTISSEMENT (RSI) EST-IL INEVITABLE POUR VALORISER EFFICACEMENT LE METIER FACTEURS ORGANISATIONNELS ET HUMAINS (FOH) ?. Congrès Lambda Mu 21, “ Maîtrise des risques et transformation numérique : opportunités et menaces ”, Oct 2018, Reims, France. hal-02066323

HAL Id: hal-02066323

<https://hal.science/hal-02066323>

Submitted on 13 Mar 2019

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

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

LE CALCUL DU RETOUR SUR INVESTISSEMENT (RSI) EST-IL INEVITABLE POUR VALORISER EFFICACEMENT LE METIER FACTEURS ORGANISATIONNELS ET HUMAINS (FOH) ?

IS THE RETURN ON INVESTMENT (ROI) CALCULATION INEVITABLE FOR EFFECTIVELY VALUING THE HUMAN AND ORGANIZATIONALFACTORS (HOF) BUSINESS?

COYE DE BRUNELIS T.
Thales SIX GTS France
110, avenue du Maréchal Leclerc
49 300 CHOLET

MERIC J.
Orano Projets
ZA de l'Euze - RN 580
30 200 Bagnols sur Cèze

VAUTIER J.-F.
CEA
18 route du Panorama
92 265 Fontenay-Aux-Roses Cedex

Résumé

L'objectif de cette communication est de questionner le retour sur investissement (Return On Investment ou ROI, l'acronyme ROI est utilisé dans la suite de l'article) comme réponse aux faiblesses des argumentaires sur l'intérêt de dérouler des approches FOH (Facteurs Organisationnels et Humains), argumentaires uniquement qualitatifs dans la grande majorité des cas. Nous examinons comment enrichir les arguments qualitatifs avec des données chiffrées. Plusieurs exemples de ROI tirés des domaines nucléaires et de défense sont présentés. Enfin, la limite de ces ROI est aussi discutée.

Summary

The purpose of this paper is to question the return on investment (ROI, which is used in the rest of the article), as a response to the weaknesses of the arguments on the interest of rolling out HOF (Human and Organizational Factors) approaches, only qualitative arguments in the vast majority of cases. We examine how to enrich the qualitative arguments with numerical data. Several examples of ROIs from the nuclear and defense fields are presented. Finally, the limit of these ROI is also discussed.

Introduction

1 De l'origine des FOH à leur prise en compte dans les grandes organisations

Les Facteurs Organisationnels et Humains (FOH)¹ existent dans l'ingénierie et dans la littérature normative depuis au moins trois décennies (Swain *et al.*, 1983). Les américains, en particulier, ont largement contribué à leur essor. Dans le domaine nucléaire, l'accident de TMI a agi comme un catalyseur induisant une prise de conscience de l'importance de l'humain en conception (Rogovin *et al.*, 1980) et l'apparition de normes visant sa prise en compte dans la conception des centrales nucléaires (NUREG-1355, 1989). A peu près à la même période, le Département de la Défense (DoD) américain souligne l'importance à ses yeux des FOH en débutant une production d'ampleur de standards, tant en terme de quantité qu'en terme de qualité. Sous cette impulsion première américaine, les organismes de normalisation européens ont à leur tour produit un ensemble de standards et de documents de référence, souvent rendus applicables contractuellement par les donneurs d'ordre.

La normalisation étant souvent une contrainte première initiatrice de changement, il s'en est suivi, de la part des institutions (ASN, IRSN, CEA...) comme des entreprises / exploitants d'installations (EDF, Orano, SNCF, ENGIE, THALES...) une intégration progressive de compétences en FOH.

Dans le domaine Grand Public, la prise de conscience des enjeux FOH est bien plus marquée, ancrée. Chacun aura noté à quel point notre sphère privée quotidienne est remplie de haute technologie mettant à notre disposition nombre de services et d'applications (au travers des smartphones, des

tablettes, de l'internet...) fondés sur l'expérience utilisateur (*User eXperience*, UX).

Ce double constat de l'ancienneté normative des FOH dans les domaines militaires et nucléaires et de leur importance dans nos vies, chaque jour, pourrait laisser penser que ce métier soit bien compris (objet, portée, contribution à la conception des systèmes, plus-value...) et intégré dans nos organisations.

Malheureusement, ce n'est pas tout à fait le cas...

Nombreuses sont les expériences d'ingénieurs, spécialistes et autres experts du domaine FOH ayant déployés des « trésors » d'énergie et de patience pour faire connaître et reconnaître le domaine FOH dans les grandes organisations. Les résultats peuvent être assez variables suivant les cas. Il n'est pas rare de constater que notre métier ou domaine d'étude n'est pas encore bien compris ou connu. Quelques exemples parmi d'autres de ce qui peut être entendu : « L'ergonomie, c'est du bon sens ! », « Vous les ergonomes, vous vous occupez des couleurs de la salle de commande... », « Tiens, je ne savais pas que vous interveniez sur la définition du concept d'utilisation ! », « Est-ce que tu peux nous dire si le bouton de l'IHM (Interface Homme Machine) est bien placé ? »...

Pour faire face à cette situation, il vient naturellement à l'idée de bâtir des argumentaires qualitatifs sur la base des freins constatés à la prise en compte des FOH. Une partie de ces freins est facilement identifiable ; les citations précédentes en donnent un premier aperçu.

Pour autant, et aussi solides à nos yeux que puissent être nos arguments qualitatifs, il s'avère parfois qu'ils échouent à atteindre l'objectif fixé, à savoir la prise en compte dans les projets, les études, les pratiques... des FOH.

¹ Dans le cadre de cette communication, « Facteurs Organisationnels et Humains » renvoie également aux termes suivants : Ergonomie, Facteurs Humains (FH), Facteurs Humains et Organisationnels (FH&O), Ingénierie

des Facteurs Humains (IFH), User eXperience (UX) /User Interface design (UI)... Il s'agit de la traduction en français du concept anglo-saxon de « Human and Organizational Factors » (HOF).

Une partie de cet échec est peut-être à trouver dans la nature même des arguments avancés (e.g. la prise en compte des FOH permet une augmentation de l'efficacité des systèmes, la prévention des accidents...). Bien souvent, voire quasi-systématiquement, ces arguments ne sont pas quantitatifs. C'est là un point de faiblesse.

En effet, c'est un truisme de dire que nos organisations (quel qu'en soit le type, aussi bien privé que publique) sont sensibles aux données quantitatives / chiffrées : coûts (de conception, de production, de maintenance...), jalons, durées, ressources... Longue est la liste des KPI (*Key Performance Indicator*) qui sous-tendent la gouvernance des organisations.

Naturellement, il s'en suit que certains donneurs d'ordre, décisionnaires, chefs de lots/projets... après avoir entendus tous les arguments qualitatifs défendant la prise en compte des FOH s'attardent sur les données chiffrées disponibles pour les valoriser. Et la question douloureuse tombe, souvent en fin de discussion : « Quel est le ROI des FOH ? ».

2 Transformation numérique et FOH

Le périmètre des FOH est assez étendu et interagit avec plusieurs métiers pouvant être assez éloignés les uns des autres². On citera à titre d'exemple, les domaines de la conception d'installations, d'entreprises, de produits (avec des dimensions d'ergonomie physiques), d'interface Homme-Machine où la dimension UX est prédominante, la conception et l'accompagnement au changement des organisations, le support à l'exploitation (d'INB (Installation Nucléaire de Base)... La transformation numérique est plus ou moins présente dans ces domaines. Elle s'est faite jour il y a déjà plusieurs années dans les logiciels de conception 3D qui permettent désormais de maquetter des opérateurs et d'évaluer l'ergonomie physique de postes de travail (dans des salles de commande, des véhicules, des ateliers...). Elle a permis un gain de temps considérable dans l'évaluation « numérique » des solutions en conception. Depuis quelques années, les « caves » (salle d'immersion en réalité virtuelle) proposent de la réalité virtuelle qui permet d'évaluer l'ergonomie physique des interventions de maintenance sur de gros composants de centrales nucléaires, par exemple.

La validation de l'ergonomie physique a aussi largement progressé avec la démocratisation des impressions 3D. Le recours au prototypage rapide (parfois fonctionnel) est aujourd'hui un allier de grande valeur devenu inévitable aux yeux de certains clients. Il permet très tôt dans la conception et à moindre coût de « matérialiser » la solution finale. Tôt ou tard dans le processus de conception, l'expérience physique avec le matériel est indispensable pour les utilisateurs. Le retour d'expérience montre qu'elle met en évidence des problématiques que des dizaines d'heures sur maquettes numériques n'avaient pas permis de percevoir (Langard *et al.*, 2010).

Le développement des logiciels de maquettages d'IHM en basse (*wireframe*) et haute fidélités (e.g. maquette HTML proche du rendu final) constitue également une avancée importante pour ceux d'entre nous en charge de la conception UX/UI (*User Interface*) d'IHM et d'applications. La rapidité de maquettage et la proximité avec la solution finale permises par les solutions logicielles ne cessent de croître. L'utilisateur final comme les équipes de développement appréhendent plus rapidement les solutions proposées. Le cycle de validation en est raccourci et sécurisé. Le nombre de remarques ou faits techniques en recette décroît car les éventuelles problématiques ont été

traitées en amont. La tenue des délais est améliorée ; les coûts de reconception sont limités.

Dans les populations de jeunes ingénieurs, la sensibilité aux dimensions UX/UI (*User Interface*, design des interfaces) des applications et logiciels développés est assez marquée. Il n'est pas rare d'entendre certains d'entre eux souligner l'importance d'apporter du soin à une IHM : « Une IHM est la première poignée de main avec le client. ». Ceci est un des effets positifs de la digitalisation de la sphère privée qui déborde inévitablement sur la sphère professionnelle.

A côté des avancées décrites précédemment, la transformation numérique fait peser un risque sur les métiers UX/UI en ergonomie des logiciels. En effet, certaines solutions logicielles de développement d'IHM apparues proposent des composants graphiques prédéfinis encapsulant des règles d'ergonomie logicielle. Ces solutions destinées à la conception d'applications logicielles permettent ainsi aux développeurs de disposer d'un outil faisant l'économie partielle ou totale d'ingénierie FOH. A titre d'exemple, nous pouvons citer Material design³ déployé par Google. Le logiciel met à disposition des développeurs des éléments de charte graphique et ergonomique conçue pour les applications de Google. Ce type de solution crée une concurrence entre métiers UX/UI et développeurs pour le développement de solutions *front-end* (la partie visible par l'utilisateur d'une application logicielle). Ces solutions permettent à de petits projets ou à des Preuves de concept (*Proof of Concept*, POC) de donner très rapidement corps à des applications / produits efficaces du point de vue ergonomique. Bien que ces outils n'épuisent pas le métier FOH, il est nécessaire de poursuivre une réflexion sur la valorisation des FOH afin que ces nouveaux outils ne viennent pas, un peu plus, contribuer, à la perception, parfois erronée, de la plus-value des FOH, comme nous l'évoquons dans le §1.1.

De fait, comment apporter alors des arguments financiers chiffrés permettant de valoriser les FOH ?

Démarche

Il est proposé dans cette communication de présenter des estimations chiffrées de ROI des FOH pour contribuer à la documentation du sujet (COHEN *et al.*, 1994 ; Nielsen, 2008 ; Forrester Research, 2013). Ces estimations ont été recueillies sur deux projets, l'un provenant du domaine nucléaire et l'autre du domaine de la défense.

Le premier est un projet de conception d'une installation nucléaire pour le stockage d'acide fluorhydrique. Ce projet ayant pour but la conception, la construction et l'exploitation d'une 3^{ème} génération d'installation, il a notamment été possible d'apprécier les différents gains induits par les FOH par comparaison avec les 2 premières générations.

Le second projet provient du domaine de la défense et a pour but de concevoir un système de communication militaire. Système complexe par excellence, ce projet est composé de nombreux produits en interaction. L'exemple pris est celui de la conception d'un accessoire.

Avant d'en venir aux résultats trouvés, revenons d'abord sur la notion de ROI.

Définitions du ROI

Le terme de ROI est assez largement passé dans le vocabulaire courant du monde du « *business* » et de fait dans le quotidien de nos organisations. Il fait partie des

² <https://www.foncsi.org/fr/publications/collections/tribunes-securite-industrielle/fho-entreprise-trois-rails-eclates>

³ <https://material.io/design/>

indicateurs de pilotage (KPI, *Key Performance Indicator*) pour la gestion d'entreprise, de projet...

Une traduction brute de ROI pourrait être formulée ainsi « gain tiré d'un investissement ». Mais de quel type de gain s'agit-il ? Et de quel type d'investissement ?

A proprement parler, en première approche, un ROI désigne un ratio financier qui mesure le montant d'argent gagné ou perdu par rapport à la somme initialement placée dans un investissement. C'est une mesure de la rentabilité d'un investissement.

Pour l'écrire de manière simple,

$$ROI = \frac{(Gain - Argent\ investi)}{Argent\ investi} \quad \{1\}$$

Multiplié par 100, le ROI précédent devient un % de rentabilité.

Pour rendre plus tangible le ROI, la précédente définition peut être vue sous l'angle de la valeur d'un investissement.

$$ROI = \frac{Vf - Vi}{Vi} = \frac{Vf}{Vi} - 1 \quad \{2\}$$

Où :

- Vi est l'investissement initial
- Vf est la valeur finale de l'investissement

Ainsi, lorsque :

- ROI = +1 = +100 %, la valeur finale équivaut à 2 fois la valeur initiale,
- ROI > 0, l'investissement est rentable, c'est un gain ou un profit,
- ROI < 0, l'investissement n'est pas rentable, c'est une perte.

En rentrant plus avant dans la notion de ROI, divers aspects peuvent s'y refléter et peuvent être pris en compte :

- la durée sur laquelle calculer le ROI pour tenir compte notamment de l'inflation,
- les impôts qui ont consommé ou consomment une part significative des profits ou des recettes...

L'exploration rapide de la définition du ROI montre qu'il peut être utilisé pour parler de gains de natures différentes et variées. Finalement, une première conclusion est que limiter l'analyse des FOH au seul retour sur investissement financier expose à un inconvénient majeur, celui de considérablement limiter la valorisation et la plus-value des FOH dont les effets d'une prise en compte ne sont pas directement financière. Sur ce dernier point, nous verrons dans les 2 exemples suivants que les cas ne sont pas rares où les gains « non financiers » des FOH peuvent *in fine* se convertir en gains ou économies financiers. Le ROI ne rend compte que de l'aspect économique du projet alors que ce dernier peut être profitable sur d'autres plans (amélioration de l'image de l'entreprise auprès des consommateurs par exemple).

Les 2 exemples qui suivent montreront qu'il est difficile de calculer le ROI des FOH sur la base des définitions traditionnelles. Pour autant, la conclusion est que la définition du ROI est plurielle et fonction de l'indicateur que l'on veut suivre. De plus, bien que les définitions aient une visée quantitative, un ROI ne peut s'y limiter. Plusieurs dimensions qualitatives sont également à considérer en complément des KPI. Quelques-unes sont présentées ci-après.

Deux exemples de ROI pour les FOH

1 Un projet du domaine nucléaire promouvant les FOH

1.1 Contexte

L'installation dont il est question est une unité de Stockage d'acide fluorhydrique (HF) implantée sur un site Orano Cycle (ex-AREVA NC) dans la vallée du Rhône. Elle permet de stocker l'HF issu du traitement des gaz de la chambre d'hydrolyse de l'UF 6 dans les fours de conversion (la réaction est la suivante : $UF_6 \rightarrow U_3O_8 + HF$ ($\approx 70\%$ de HF)). Cette installation est la 3^{ème} génération sur le site. Nous l'appellerons Installation 3.

Une des particularités de ce projet est la sensibilisation des Chefs de projets MOA (Maîtrise d'Ouvrage) et MOE (Maîtrise d'OEuvre) aux FOH. Le chef de projet MOA avait déjà intégré dans ses précédents projets des compétences FOH. Sa sensibilité aux FOH sera évoquée de nouveau par la suite.

De son côté, le chef de projet MOE (Maîtrise d'OEuvre) avait également été sensibilisé aux FOH dans le cadre d'un précédent projet où la prise en compte s'était avérée trop tardive. Ce dernier avait donc souhaité intégrer les FOH plus en amont dans le cadre du projet de l'installation 3. A noter que la MOA appartient au site Orano considéré et que la MOE est une entité transverse : Orano Projets.

1.2 Démarche

1.2.1 Démarche d'intégration des FOH dans le projet

La démarche FOH, très complète, mise en place sur le projet est la suivante (intégration de compétences FOH en phase APD – Avant-Projet Détaillé) :

- Phase APD :
 - REX (Retour d'Expérience) exploitation / maintenance,
 - Analyse des activités sensibles,
 - Définition de recommandations FOH,
 - Analyse ergonomique de l'aménagement en soutien des métiers de conception,
 - Implication exploitant, information CHSCT.
- Phase réalisation :
 - Vérification de la prise en compte des recommandations FOH dans le CCT (Cahier des Clauses Techniques) / doc fournisseurs,
 - Analyses d'aménagement de détail : Salle de conduite locale / Laboratoire / Locaux vie (salle de repos / vestiaires),
 - Analyse experte charte graphique IHM (charte site),
 - Participation recette équipements chez le fournisseur (BAG (Boîtes à gants), poste de PE (Prise d'échantillon)).
- Phase Essais :
 - Essais FOH : Maintenance (pompes et vannes en hauteur),
 - Dépotage camion / wagon.
- REX de ROI sur l'intégration des FOH dans le projet

1.2.2 Démarche REX/ROI

Au moment de la réalisation des études, les projets ne bénéficiaient le plus souvent que d'une approche FOH liée aux seuls aspects de limitations des défaillances humaines

en lien avec la sûreté⁴ et, pas ou peu, aux aspects d'aménagement de poste et de prise en compte des aspects exploitabilité / maintenabilité.

Sur ces points, ce projet présente donc les particularités suivantes :

- Prise en compte des FOH à partir de la phase APD,
- Intervention de spécialistes en ergonomie / FOH,
- Analyse des aspects FOH « sûreté » et de l'« ergonomie ».

Le REX de prise en compte des FOH s'est avéré très positif. Les responsables projets MOE et MOA, le spécialiste FOH MOE travaillant pour le compte d'Orano Site de la MOA ainsi que le spécialiste FOH du groupe Orano ont donc décidé de mener un complément d'étude pour valoriser ce travail.

L'objectif du complément de mission était donc de :

- Mettre en évidence la plus-value (REX : technique, financier, sécurité, sûreté...) des FOH dans un projet de conception, de réalisation puis d'exploitation d'une installation,
- Identifier des pistes d'amélioration,
- Partager ce REX au sein du groupe Orano pour promouvoir les FOH.

Les principes de la démarche pour mener ce REX et établir le ROI furent les suivants.

- Présentation de la démarche aux parties prenantes
- Recueil du REX et des données nécessaires au chiffrage
 - o Visites et observations dans la nouvelle installation en exploitation
 - o Entretiens : MOE, MOA, exploitants/maintenance
 - 4 opérateurs d'exploitation pour la thématique exploitabilité
 - 3 intervenants du service de maintenance pour la thématique maintenabilité
 - 2 représentants du « cost » projet pour identifier les coûts et chiffrer les gains
 - Chefs de projets MOE et MOA
 - Gestion du projet / FOH
 - Interaction/modalités d'échanges métiers avec FOH
 - Clarté/suivi des besoins FOH
- Synthèse
- Réunion de restitution aux différentes parties prenantes

Le REX a porté des éléments chiffrés sur différentes thématiques dont les gains financiers, la sécurité, la sûreté...

Une partie non exhaustive des éléments notamment ceux concernant le ROI sont présentés ci-après.

⁴ A noter que la sûreté est de la sécurité industrielle dans le champ du nucléaire et que la sécurité est la sécurité du travail.

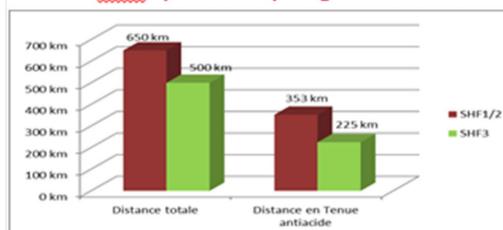
1.3 Les gains

1.3.1 Gains en sécurité / sûreté liés aux déplacements dans les escaliers

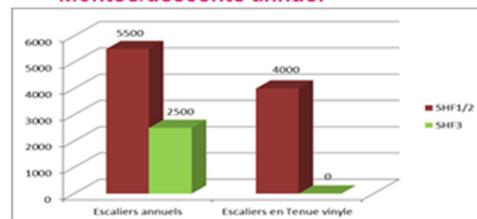
Comme cela est illustré sur la figure suivante, la prise en compte des contraintes liées à l'activité de travail a permis les gains suivants :

- Chute dans escalier : 2,5 fois moins de risque de chute :
 - o 5000 montées / descentes par an dans l'ancienne installation
 - o 2000 montées / descentes par an dans la nouvelle installation
- Diminution du nombre de montée/descente d'escalier : 2,5 fois moins
- Suppression des déplacements en tenue antiacide dans les escaliers pour les exploitants avec le positionnement du vestiaire au même niveau que les zones d'intervention (à l'étage) alors que dans l'ancienne configuration le vestiaire était situé dans un autre bâtiment et au rez-de-chaussée et les opérations d'exploitation étaient réalisées au premier niveau.

Déplacement annuel exploitation SHF1-2 / SHF3 SdC / postes dépotage / laboratoire



Montée/descente annuel



⇒ 2,5 fois moins de risques de chuter dans les escaliers

Figure 1. Statistiques des déplacements annuels pour les installations 1/2/3

- Limitation des déplacements en tenue antiacide avec une meilleure instrumentation du procédé (remontée d'informations en salle de conduite) et une optimisation des espaces : baisse de 40 %
- Autres améliorations pour la sécurité : douches spécifiques pour le rinçage des tenues HF, nouvelle tenue d'intervention, amélioration de la disponibilité du réseau d'air respirable, diminution du temps d'intervention de maintenance...

Précisons que les gains de temps ne se font pas aux dépends de la performance d'ensemble des activités. La performance pour chaque tâche est *a minima* conservée sinon améliorée. De fait, la performance globale est améliorée au travers des gains de temps de déplacement.

1.3.2 Gains en maintenabilité : démontage des pompes HF

Sur les anciennes installations 1/2 :

- Les pompes étaient situées sous les caillebotis nécessitant un démontage préalable,
- Une étape de sécurisation de la zone d'intervention (risque de chute),
- L'aménagement nécessitait des postures de travail contraignantes et l'accès était difficile.

Sur l'installation 3 :

- Les pompes :
 - o ont été positionnées à hauteur d'homme,
 - o sont facilement accessible.
- La figure ci-après illustre les gains associés au travail sur la maintenabilité des pompes.

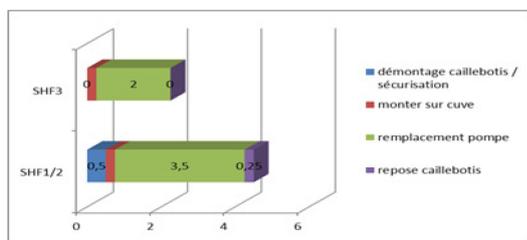


Figure 2. Comparaison des actions de maintenance entre les installations 1/2 et 3 d'HF (le temps est en abscisse)

La durée d'intervention a ainsi été divisée par 2.

1.3.3 Gains en maintenabilité : accessibilité des vannes

Pour des raisons de sûreté et de sécurité, les circuits d'HF ne présentent pas de point bas, ce qui conduit à devoir positionner une grande partie des vannes en hauteur dans des zones non directement et difficilement accessibles sans aménagement particulier.

Afin de répondre à cette contrainte technique, des réunions de travail FOH ont été menées en phase de conception pour améliorer l'accessibilité puis des essais ont été réalisés pour valider l'accessibilité des vannes pour leur manœuvre et leur maintenance :

- Mise en place de passerelles d'accès fixes (flexibles, vannes, panoplies des postes de connexion),
- Mise en place d'un escabeau sécurisé pour les moins accessibles (contrainte écoulement gravitaire) ou d'une commande déportée.

Ce travail a permis de limiter à 3 seulement sur 766 le nombre de vannes nécessitant la mise en place d'un échafaudage pour y accéder.

1.3.4 Gains en maintenabilité : cas des vannes de prise d'échantillons

Le REX a montré que les opérations de prise d'échantillons présentaient de nombreuses difficultés. Ces opérations sont nécessaires avant chaque dépotage. Sur les installations 1/2, les vannes étaient situées derrière des panneaux de protection qu'il fallait préalablement

démonter. Le système présentait des risques accrus de débordement lors de la manœuvre de la vanne pour l'opération.

Sur l'installation 3, le travail mené a permis de positionner les vannes à hauteur d'homme.

Les gains liés à ce travail sont présentés sur la figure suivante (le temps est en abscisse).

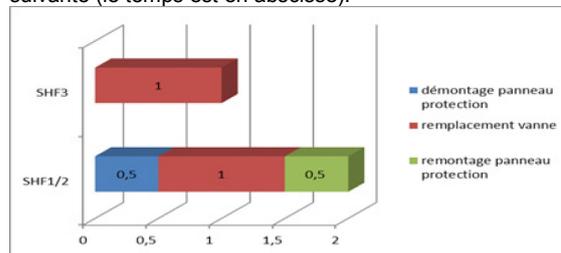


Figure 3. Comparaison des opérations de remplacement de vanne entre les installations 1/2 et 3

Ainsi le nouvel aménagement a permis de diviser par 2 le temps d'intervention.

1.3.5 Gains en maintenabilité : flexibles du circuit HF poste wagon

La conception des postes de dépotage avec des passerelles ou éléments mobiles nécessitent la mise en place de flexibles sur certaines portions des lignes d'HF.

Ces flexibles doivent être changés régulièrement. Une attention particulière a donc été portée pour faciliter l'accès à la maintenance. L'accès était particulièrement contraint sur les anciennes installations.

La figure ci-après illustre les durées de maintenance pour les anciennes installations, une version intermédiaire de conception, la version finale prenant en compte les problématiques d'intervention.

La maintenance est réalisable sans nécessité la mise en œuvre d'un échafaudage grâce à des passerelles fixes disposés à proximité des raccords.

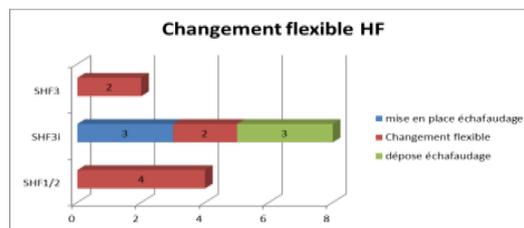


Figure 4. Comparaison des opérations de changement de flexibles HF pour les installations 1/2, 3i (version intermédiaire de conception) et 3 (final) (le temps est en abscisse)

Ainsi, le travail mené a permis de diminuer de 2 à 4 le temps d'intervention selon que l'on se réfère aux anciennes installations ou à la version intermédiaire de conception.

1.3.6 Synthèse des gains financiers

Le tableau ci-après présente le chiffrage des gains en heures par an liés aux exemples présentés ci-avant ainsi que d'autres exemples non présentés.

Si l'on ramène les gains annuels à une durée d'exploitation (production et maintenance) de l'installation de 30 ans, les gains atteignent 950 000 € d'OPEX (Operational Expenditure, dépenses d'exploitation) (Voir Figure 5 ci-dessous).

Opération ^a	SHF1/2- SHF3 ^b (h) ^a	ou SHF3 ^b (h) ^a	Gain ^c % ^a	Gain annuel(h) ^a
Changement flexible HF wagon (SHF1/2-4h, SHF3 ^b 6h)	8 ^a	2 ^a	75-% ^a	36 ^a
Changement flexible HF camion ^a	4 ^a	2 ^a	50-% ^a	12 ^a
changement de pompes ^a	4 ^a	2 ^a	50-% ^a	24 ^a
changement de vanne ^a	2 ^a	1 ^a	50-% ^a	75 ^a
consultation poste-déporté ^a	0,25 ^a	0 ^a	100-% ^a	50 ^a
déplacement connexion/déconnexion (4km/h) ^a	0,325 ^a	0,25 ^a	23-% ^a	37,5 ^a
→ rondes ^a	0,2 ^a	0 ^a	100-% ^a	400 ^a
^a	^a	^a	^a	635 h ^a

950'000 €/30 ans^d

Figure 4. Gains en OPEX induits par la démarche FOH (les gains pour les différentes actions sont donnés en heure, le gain est celui obtenu entre SHF1/2 et SHF 3, le gain annuel est la différence de temps mis annuellement pour réaliser une action entre SHF1/2 et SHF 3)

En lien avec les chefs de projet et un représentant du contrôle des coûts, il a été défini des gains de CAPEX (*Capital Expenditure*, dépenses d'investissement) à hauteur de 1 050 000 €, qui se répartissent comme suit :

- 400 000 € d'économies liées à des aléas non dépensés
- 650 000 € au titre des revues de maquettes et de gain par le respect du planning

Ainsi en additionnant CAPEX et OPEX, le gain total est d'environ 2 000 000 € (Cf. Figure ci-dessous).

Synthèse	Etudes	Réalisation	Exploitation	Fin de vie
Financier	400 000 € ; aléas non dépensés 650 000 € ; revues maquettes/planning		950 000 € (exploitation, maintenance)	Non étudié
Gains totaux : 2 000 000 €				

Figure 5. Synthèse des gains financiers des FOH dans le projet d'installation 3 (Etudes et Réalisation forment le CAPEX tandis que l'Exploitation constitue l'OPEX)

Le coût d'ingénierie du projet a été d'environ :

- 8 millions d'euros au total, tous métiers confondus
- 0,1 millions d'euros pour le métier FOH.

Le ROI FOH conduit donc à ce qu'1 € de FOH entraîne 20 € d'économie, soit environ 2 M€ d'économie sur le coût total du projet.

Ramené en % en appliquant la formule {1}, le ROI FOH sur l'installation 3 est le suivant :

- ROI FOH CAPEX = 950 %
- ROI FOH OPEX = 850 %
- ROI FOH Total = 1900 %

1.3.7 Bilan non financier : quelques leviers de réussite

Au-delà des REX financiers et de sûreté/sécurité, un bilan transverse a été mené concernant les interfaces entre le métier FOH et les différentes parties prenantes MOE / MOA / exploitant ainsi que l'organisation, la sensibilité FOH des parties prenantes.

Il ressort du bilan :

- une forte implication des différentes parties prenantes dans la prise en compte des FOH :
 - o des chefs de projet MOE / MOA
 - o des métiers de conception MOE
 - o de l'exploitant

- o « ouverture » de l'installation pour les visites / observations FOH
 - o disponibilité du personnel pour entretiens / observations
 - o 1 opérateur industriel « désigné » intégré tout au long des études
- l'information du CHSCT,
- une démarche participative / itérative,
- l'importance de la « construction sociale » intervention / information des parties prenantes sur études FOH.

Autre élément notable, une inspection de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) n'a conduit à aucune remarque, ce qui montre la qualité du projet.

Ainsi, au moment de sa réalisation, le projet d'installation 3 était « exemplaire », par de nombreux aspects, en termes de prise en compte des FOH. Nous citerons notamment :

- Culture FOH de l'équipe projet :
 - o Système de valeurs FOH : collaboration, co-conception, implication amont de différents acteurs (MOE, MOA, exploitant, maintenance) ;
 - o Communication interne/externe ;
 - o ...
- Implication dans le projet d'un ergonome/ingénieur FOH côté MOE et MOA ;
- Maquettage 3D et Echelle 1 pour évaluer la conception ;
- Nature du projet :
 - o Installation conçue et exploitée par Orano donc RETEX/REX sur la partie ingénierie et exploitation ;
 - o 3^{ème} évolution donc possibilité de comparaison avec les installations antérieures et mise en évidence du ROI de l'ingénierie.

L'exemple de l'installation 3 montre la dimension du/des ROI que l'on peut tirer d'une démarche volontaire de prise en compte des FOH dans un projet.

A contrario, le ROI FOH peut également s'apprécier dans le cadre de projets où cette démarche n'a pas pu être mise en œuvre.

1.3.8 Eviter la reconception par les FOH

Les contraintes dans les projets sont nombreuses et de natures très différentes. Il arrive ainsi que, bien qu'une démarche, FOH en l'occurrence, ait été adoptée par un projet, ce dernier ne puisse pas complètement en tirer les bénéfices.

Les deux exemples donnés ci-après relèvent d'une telle situation. Ils mettent en évidence des coûts de reconception qu'auraient évité les FOH. Il ne s'agit donc pas à proprement parler d'un retour sur investissement. Ici, la valeur-ajouté des FOH s'apprécie *a posteriori* sur les économies ou « non-dépenses » qu'ils auraient permis sans parler des impacts sur des dimensions non quantitatives telle que la relation client.

Le premier exemple est celui de la conception d'un accessoire. Suite à l'impression 3D de l'accessoire, l'équipe de conception s'interroge sur la forme d'un bouton et juge bon de la faire évoluer pour mieux coller à sa représentation du besoin opérationnel. Face à différentes contraintes, décision est prise d'implémenter la modification dans la

nouvelle impression sans en confirmer l'intérêt avec le client. Les échanges FOH avec ce dernier montrèrent *a posteriori* que cette modification n'était pas utile.

Pour des raisons de confidentialité, les coûts d'ingénierie ne peuvent pas être donnés mais seulement les rapports entre les coûts d'évolutions et le coût FOH de confirmation du besoin d'évolution. Ainsi, le calcul montre que 1 € d'ingénierie FOH aurait permis 67 € d'économie. Plusieurs milliers d'euros de dépense ne répondant pas à un besoin opérationnel auraient pu ainsi être épargnés au projet.

En simplifiant et en appliquant {1}, ce premier exemple montre que la rentabilité d'un euro investi dans les FOH, en termes d'économie sur le coût du projet, est de 6600 %.

Le deuxième exemple porte également sur des coûts de reconception qu'aurait pu éviter une intervention FOH. Ce cas a également le mérite d'interroger les processus de conception et le statut des exigences client.

La situation est proche de la précédente en ce qu'il s'agit ici de la conception du même accessoire. La problématique portait sur l'application *stricto sensu* d'une exigence d'ergonomie fixée par le cahier des charges du client.

La simplicité de l'accessoire à concevoir et la clarté de l'exigence, notamment, ont conduit à la conception et au développement du produit sans implication des utilisateurs finaux. La revue de conception avec le client a conclu à l'inadaptation de la solution proposée sur plusieurs points d'utilisation opérationnelle. Il est par ailleurs ressorti que l'exigence d'ergonomie évoquée précédemment ne répondait pas un besoin opérationnel et introduisait dans la conception des contraintes inutiles.

La modification en profondeur de la conception a été inévitable, engendrant un surcoût important et des délais supplémentaires.

Les mêmes calculs que pour le premier exemple ont été faits. Il ressort que 1 € d'ingénierie FOH aurait permis 433 € d'économie. En simplifiant à nouveau, la rentabilité d'un euro FOH investi, en termes d'économie sur le coût du projet, est de 43 318 %.

La rentabilité de l'ingénierie FOH au sens d'un projet n'est pas facile à appréhender. Des précédents exemples, la quantification du premier (conception d'un accessoire) est celle qui nous paraît la mieux étayée. En effet, il s'agit d'une situation très simple où le coût de modification comme le coût d'intervention FOH peuvent être directement mis en relation. La confirmation par les FOH (que la modification n'était pas utile), si elle avait été réalisée avant de lancer la modification, aurait directement évité cette dernière. De plus, aucune autre ingénierie impliquée dans le projet n'a permis d'éviter la modification. Le lien de causalité direct nous permet donc de dire que le rapport 1 pour 66 est un ordre de grandeur, pour les grandes entreprises, qui semble assez robuste.

En ce qui concerne la seconde rentabilité évoquée de 1 € de FOH pour 433 € d'économie d'ingénierie est plus difficile à étayer. En effet, il n'est pas certain que l'intervention FOH seule (qui aurait dû avoir lieu bien en amont) aurait permis l'économie totale en question. Il est impossible de savoir précisément quel aurait été le coût d'une autre solution de conception qui prenne bien en compte l'ensemble des besoins opérationnels. Au demeurant, il est assez vraisemblable que le surcoût aurait été évité. De fait, dans l'hypothèse conservatrice où la conception aurait été plus onéreuse en tenant compte de l'avis des opérationnels, on peut facilement gager qu'elle n'aurait jamais atteint le surcoût de la reconception. De fait, nous pouvons conclure

que la rentabilité des FOH se situe entre celle du premier et du second exemple.

Pour faciliter la compréhension, nous pouvons dire que :

- Pour des problématiques d'ingénierie simples, dans de grandes entreprises, la rentabilité des FOH est de l'ordre de 6000 %.
- Pour des problématiques plus complexes, la rentabilité de non reconception est supérieure à 6000 %, pouvant aller jusqu'à plusieurs dizaines de milliers de % (exemple 2 *supra*).

Discussion

Comme nous l'avons vu, les ROI peuvent être calculés :

- Soit en relief, c'est-à-dire à partir de projets promouvant les FOH, comme l'installation 3. L'installation 3 est un projet « exceptionnel » par le fait que les chefs de projet soient acquis aux principes des FOH et promoteurs de leur mise en œuvre. Tout le projet a bénéficié de cette dynamique (approche « positive »). De plus, cette dernière a permis de donner accès aux chiffres nécessaires aux calculs. Le calcul des différents ROI FOH est alors aisé et la mise en relation des impacts des FOH sur le projet plus facile à réaliser.
- Soit en creux, c'est-à-dire à partir de projets où l'application des FOH n'a pas été optimale. Dans ce cas, le ROI est calculé à partir des surcoûts projet constatés qu'aurait permis d'éviter une intervention FOH.

Les limites des exemples présentés viennent de certaines hypothèses prises et du fait que l'ingénierie FOH ne capture pas à elle seule toute la causalité de génération de coûts et d'économies. D'autres ingénieries et acteurs sont également des contributeurs. Par exemple, un ingénieur sécurité cherche aussi à limiter les déplacements mais pour éviter les chutes de plain-pied. Sur un autre plan plus « High Tech », un ingénieur de production va chercher à limiter les émissions électromagnétiques de certains appareils pour diminuer l'énergie consommée par ces derniers alors qu'un responsable de la santé client cherchera aussi cette diminution mais pour éviter les effets secondaires potentiellement nocifs des rayonnements. Ainsi, dans certains cas où la complexité organisationnelle s'ajoute à la complexité technique du projet, il est difficile de pouvoir clairement apprécier la contribution de chacun. Il s'ensuit donc quelques nécessaires approximations liées à l'irréductibilité de la complexité causale. De fait, la perspective de disposer un jour de chiffre sur le ROI FOH parfaitement consolidés pourrait paraître ambitieuse.

Mais finalement cette problématique de calcul du ROI n'est pas une difficulté locale propre aux FOH. De nombreux autres domaines seraient également en difficulté s'ils avaient à calculer le leur. Par exemple qu'est-ce que rapporte une réunion de service ?, de faire une « grande messe » chaque début d'année pour exposer à tout le monde un bilan de l'année passée et les bons vœux de l'année qui démarre ? Les réponses seraient en fait difficile à apporter et pourtant ces réunions semblent (et sont naturellement) nécessaires. Pourquoi ? On peut penser qu'elles nous paraissent nécessaires car elles nous semblent faire parties intégrantes de l'objet entreprise dans son fonctionnement, une condition nécessaire de son existence (il en est ainsi également des roues d'une voiture ou de son moteur...). Plusieurs raisons à cela peuvent être évoquées : on a toujours vu fonctionner l'entreprise comme cela, on a appris dans les écoles et stages de management qu'il fallait faire ainsi... et toutes les entreprises font de

même (plus ou moins obligées par la loi (Cf. la médecine du travail et la formation continue)). Cela renvoie aux critères développés par H. Kelley (1973) dans son modèle de covariation (consensus, distinctivité et consistance) pour faire des imputations causales à différents facteurs internes ou liés au contexte (notion d'attribution causale). Notons d'ailleurs que l'évidence est assez culturelle et située. Ainsi la vision d'un seul moteur (les anciens chevaux qui tiraient la voiture) ne nous questionne pas et pourtant il est questionnable et l'a été par de nombreux designers : pourquoi ne pas faire plutôt quatre petits moteurs actionnant chaque roue ?

Ainsi, du fait de la difficile accessibilité aux informations chiffrées (notamment financières) et de la sensibilité de ces informations, le calcul du ROI FOH au sens large pourrait ne rester qu'une approximation qui serait à consolider par d'autres études.

Au demeurant, on peut retenir en première appréciation que le ROI des FOH va dépendre des types d'interventions et des types de projets.

Pour le projet d'installation 3, les FOH ont conduit à des économies sur la partie projet (CAPEX) et des économies sur la partie exploitation (OPEX), à la fois du point de vue opérationnel et du point de vue maintenance.

De plus, le ROI n'est pas seulement à considérer du point de vue financier, il est aussi à considérer du point de vue de la réduction de risques et de la maîtrise des dimensions non quantitatives (confiance / relation client, qualité perçue du produit, compétences perçues de l'équipe projet, non-respect de planning et pénalités de retard...). Cette réduction de risques dont participent les FOH est incontournable pour tout chef de projet.

Les FOH permettent à la fois à la MOE et à la MOA d'éviter des risques projet et de réaliser des économies.

Par ailleurs, il est important de souligner que les ROI discutés dans cette communication le sont pour des industriels traitant en B to B (Business to Business). Des études complémentaires sont nécessaires pour les acteurs du B to C (Business to Customer). Mais le ROI des FOH au sens du gain financier est bien plus tangible dans les relations de B to C que dans celles de B to B. De nombreux exemples existent. Un très célèbre a convoqué est celui d'Apple. Un argument de vente, colonne vertébrale du *business model* d'Apple depuis ses débuts, est l'ergonomie (UX) et le design (UI) de ses produits. Les *showcases* mémorables de Steve Job et l'engouement du public pour ces derniers en sont la preuve. Bien que les résultats d'Apple ne soient pas imputables seulement à l'UX/UI, personne ne doute pour autant de leur contribution significative à ces résultats.

Finalement, en ce qui concerne un argumentaire global pour promouvoir les FOH, il semble inévitable d'y retrouver une composante ROI (même si elle présente quelques difficultés méthodologiques). Il serait en ce sens intéressant de parvenir à obtenir pour différentes activités FOH (dont le ROI dans les événements impactant la sûreté) et pour différentes phases d'un projet ou de vie d'une installation, des chiffres et surtout les exemples associés.

Un ROI sera d'autant mieux perçu et approprié par l'auditoire que l'exemple qui l'illustrera sera congruent et facilement compréhensible par le dit auditoire.

Pour conclure, quelques questions restent, selon nous, en suspens :

- La publicité dans une entreprise est faite, bien souvent, « sans se poser de questions ». Les dépenses représentent généralement un pourcentage du chiffre d'affaire non négligeable. Il n'est pas rare non plus d'entendre des boutades sur ces dépenses, e.g. « la moitié des dépenses

de publicité sont inutiles, le problème c'est qu'on ne sait pas laquelle... ». Finalement, y a-t-il moins de légitimité à faire des FOH qu'à faire de la publicité dans une entreprise ?

- La question sur le ROI FOH n'est-elle pas aussi posée par les spécialistes FOH qui se posent beaucoup (trop) de questions ? Les FOH étant une branche des sciences humaines, n'y aurait-il pas des réticences intellectuelles à les voir entrer durablement dans l'entreprise (entreprise souvent basée sur des sciences considérées comme « plus fondamentales » en ce qui concerne nos organisations) ?
- Enfin, tout n'est-il pas qu'une question de temps pour que les FOH deviennent une ingénierie à part entière, placée sur le même pied d'égalité que les autres ? (Cf. les problèmes d'introduction de la médecine dans la société : il a fallu plusieurs siècles pour qu'elle acquière sa légitimité. Il existe même des médecines dites « alternatives »...). Fallait-il que les FOH soient inscrits dans la loi ? C'est chose faite aujourd'hui (cf. Arrêté du 7 février 2012).

Conclusion

La question du ROI des FOH est une question difficile par la nature du domaine FOH, par l'implication des FOH tout au long du processus de conception et par le fait qu'ils soient une ingénierie contributrice parmi d'autres. Quantifier un ROI FOH nécessite de pouvoir isoler les effets du domaine sur les métriques financières (des organisations, des projets...). Au-delà de cela, le ROI pour les FOH, dans nos organisations de défense et du nucléaire, ne peut pas s'entendre dans une acception traditionnelle car l'activité FOH ne fait pas gagner d'argent en tant que tel. Elle évite d'en perdre, ce qui s'apparente au final à un résultat financier positif car de l'argent n'est pas dépensé. Cela participe directement aux résultats opérationnels. C'est une fonction de contrainte au sens de l'Analyse de la Valeur qui n'est pas moins indispensable qu'une fonction de service.

Ainsi, les exemples proposés ont permis de montrer que l'exercice de calcul de ROI FOH est possible.

Les résultats obtenus dans 2 organisations différentes donnent des ordres de grandeurs très importants et proche dans les échelles, de plusieurs centaines de % à plusieurs milliers de %.

La plus-value financière des FOH est visible à la fois sur les phases de conception (CAPEX) et sur les phases d'exploitation (OPEX).

En synthèse, les quantifications du ROI FOH calculées dans nos exemples sont les suivantes :

En CAPEX :

Domaine nucléaire (B to B, grand groupe)

- ROI pour un projet complexe = 950 %

Domaine de la défense (B to B, grand groupe)

- ROI tâche simple = 6 600 %
- ROI tâche complexe = 43 300 %

En OPEX :

Domaine nucléaire (exploitation d'une installation)

- ROI = 850 %

De fait, et c'est un point important, beaucoup de la plus-value des FOH, avancée comme arguments qualitatifs (e.g. les FOH contribuent à la production de solutions conformes aux attentes des utilisateurs ; les FOH permettent de maîtriser la sûreté opérationnelle dans les installations ; les FOH permettent de limiter voire éviter la reconception...), peut se convertir en plus-value financière (arguments

quantitatifs). *In fine*, toute action qui contribue à tenir les délais, à produire des solutions dans l'enveloppe financière fixée, à limiter la reconception... contribue à la maîtrise financière (d'un projet, d'une organisation...).

Ainsi, bien des plus-values des FOH participent directement ou indirectement de la performance financière.

Références

Arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base

Cohen, F. et Matern, F. (1994). Le retour sur investissements en ergonomie : bilan d'une collaboration pluridisciplinaire, Ergo-IA.

Forrester Research (2013). Customer Experience Index ranking and watermaker consulting.

Kelley, H. (1973). The process of causal attribution. *American Psychologist*, 28, 107-128.

Langard, B., Baussart, N., Hernandez, G., Quiblier, S. & Dutilleul, S. (2010). Apport de la simulation sur maquette adaptative à la démarche de conception de postes de travail. Communication présentée au 45^{ème} Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française (SELF), Liège, Belgique, Septembre.

Nielsen J. (2008) Usability ROI declining , but still strong. Nielsen Norman Group.

NUREG-1355 (1989) The Status of Recommendations of the President's Commission on the Accident at Three Mile Island, A Ten Years Review, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington.

Rogovin M. & Frampton G.T.(1980) Three Mile Island, a report to the commissioners and to the public, Nuclear Regulatory Commission Special Inquiry Group

Swain, A.D. et Guttman H.E. (1983) Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications, NUREG/CR-1278, Sandia National Laboratories, Albuquerque.