

---

# Typologie des risques pour une analyse éthique de l'impact des technologies du TAL

**Anaïs Lefeuvre-Halftermeyer<sup>\*, \*\*</sup>, Virginie Govaere<sup>\*\*\*</sup>, Jean-Yves Antoine<sup>\*\*</sup>, Willy Allegre<sup>◦</sup>, Samuel Pouplin<sup>◦</sup>, Jean-Paul Departe<sup>◦</sup>, Samia Slimani<sup>\*</sup>, Aurore Spagnulo<sup>◊, †</sup>**

<sup>\*</sup> Université Paris-Sorbonne, laboratoire STIH, 1, rue Victor Cousin, 75005 Paris.  
[anaïs.lefeuvre@live.fr](mailto:anaïs.lefeuvre@live.fr)

<sup>\*\*</sup> Université François-Rabelais Tours, LI, 3 place Jean Jaurès, 41000 Blois.  
[jean-yves.antoine@univ-tours.fr](mailto:jean-yves.antoine@univ-tours.fr)

<sup>\*\*\*</sup> INRS, département homme au travail, 54000 Nancy.  
[virginie.govaere@inrs.fr](mailto:virginie.govaere@inrs.fr)

<sup>◦</sup> Laboratoire d'électronique, CMRFF de Kerpape, BP 78, 56275 Ploemeur.  
[wallegre@kerpape.mutualite56.fr](mailto:wallegre@kerpape.mutualite56.fr)

<sup>◊</sup> Plate-Forme Nouvelles Technologies & Inserm U1179, hôpital Raymond Poincaré, Garches.

[samuel.pouplin@rpc.aphp.fr](mailto:samuel.pouplin@rpc.aphp.fr)

<sup>†</sup> IFE-CHU de Bordeaux, rue Francisco Ferrer 33076 Bordeaux Cedex

---

**RÉSUMÉ.** Cet article présente une typologie de facteurs de risque concernant les technologies numériques et plus particulièrement les technologies langagières. Son objectif est d'offrir une grille d'analyse pour une évaluation critique des recherches et applications du TAL dans une démarche éthique.

**ABSTRACT.** This paper details a typology of risk factors that should concern digital technologies and more specifically NLP. It aims at providing an evaluation grid for an ethical assessment of researches and applications.

**MOTS-CLÉS :** éthique, analyse du risque, facteur de risque, vulnérabilité, criticité, risque professionnel, commande vocale, aide au handicap.

**KEYWORDS:** Ethics, risk analysis, risk factor, vulnerability, criticism, professional risk, Voice Picking, support for disabled persons.

---

## 1. Introduction : éthique et technologies langagières

L'informatisation de la société et sa mise en réseau ont souvent suscité des discours enthousiastes sur l'émergence d'une société hétérarchique de la connaissance, village global moderne devant conduire à une intelligence et une prise de décision collectives. Cette vision est battue en brèche par de multiples travaux en sciences sociales (Jarrige 2014). Les critiques les plus visibles concernent le respect de la vie privée sur les réseaux sociaux, le droit à l'oubli numérique, et l'émergence d'une société du contrôle permise par ces techniques. Ces questions surviennent à un moment où le TAL a acquis une maturité suffisante pour permettre une fouille de données intelligente dans de grands flux d'informations. Jusqu'à récemment, les technologies langagières pouvaient sembler moins concernées par des questions éthiques que les biotechnologies ou les nanotechnologies. L'association entre analyse automatique de la langue, masses de données et informatique ubiquitaire requiert désormais que notre communauté s'interroge sur son objet de recherche et ses applications.

Les réflexions éthiques en TAL se sont jusqu'à présent concentrées sur l'anonymisation des données personnelles, même si des ateliers comme ETeRNAL<sup>1</sup> et ETHI-CA<sup>22</sup> montrent une évolution vers des préoccupations éthiques plus larges. En France, la question des données personnelles est traitée de longue date par la loi (loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés), hétéro-régulation normative étatique. À l'opposé, l'éthique relève d'une autorégulation non normative fondée sur des choix et jugements de valeurs collectifs, même si l'on sait qu'elle peut être productrice de normes – voir par exemple (Berleur 2004) dans le cas de la gouvernance d'Internet – et qu'elle oriente la jurisprudence lorsque la loi fait défaut. Des comités éthiques ont été mis en place, qui ont avant tout un rôle de recommandation. La CERNA (Commission de réflexion sur l'Éthique de la Recherche en sciences et technologies du Numérique d'Allistene – Alliance des sciences et technologies du numérique) joue cette fonction pour les sciences et technologies du numérique. Le TAL est toutefois relativement absent de ses activités. Cet article vise précisément à apporter une contribution méthodologique pour la mise en place d'une réflexion éthique en TAL en suivant une démarche relevant d'une approche conséquentialiste.

## 2. Éthique conséquentialiste et technologies langagières

Une réflexion éthique peut se fonder sur deux principaux courants de pensée<sup>3</sup>. D'une part, l'éthique déontologique promeut le respect de principes moraux pour ré-

1. ETeRNAL 2016 : <http://eternal.loria.fr/>

2. ETHI-CA<sup>2</sup> 2016 : <http://emotion-research.net/sigs/ethics-sig/ethi-ca2>

3. Nous ignorerons ici le courant de l'éthique de la vertu, qui s'applique mal à l'évaluation de l'impact des technologies, puisque étant fortement liée aux caractéristiques des individus et à leurs intentions (« être charitable », « être honnête »). Pour l'heure, aucune des technologies évoquées dans cet article ne saurait relever de la notion d'agent intelligent et intentionnel !

gir nos actions, la réflexion éthique devant porter sur l'établissement de ces principes. Par exemple, Rawls (1987) propose avec sa théorie de la justice une logique contractualiste entre personnes libres et rationnelles : celles-ci établissent des principes qui sont considérés comme éthiques si leur processus d'élaboration a été équitable. De son côté, l'éthique conséquentialiste suit une approche téléologique qui se focalise non sur des principes mais sur les conséquences de nos actions. Ce point de vue guidait l'utilitarisme de Bentham ou Stuart Mills. On le retrouve dans l'éco-éthique contemporaine : les principes de précaution et de responsabilité, théorisés entre autres par Hans Jonas (1990), relèvent ainsi de cette logique.

La réflexion qui est présentée dans cet article relève d'une étude conséquentialiste des recherches et applications en TAL. Cette démarche nous semble la plus adaptée dans un champ de connaissances n'ayant amorcé que de manière embryonnaire une étude réflexive sur ses pratiques. Nous observons en particulier qu'il est difficile de mener une réflexion fondée sur des principes moraux dans le cas de technologies émergentes dont l'impact est encore mal identifié, faute de recul. C'est pourquoi, nous préconisons de centrer notre attention sur la caractérisation des conséquences (positives ou négatives) de ces technologies. Nous proposons pour cela de mener une analyse de risque, telle que conduite classiquement dans des domaines comme l'industrie, la finance ou encore la prévention des risques professionnels où l'on cherche à caractériser des facteurs d'amélioration ou de dégradation des conditions de travail.

Comme dans toute analyse de risque, notre démarche nécessite l'élaboration de protocoles d'évaluation des effets induits par les technologies que nous produisons. Par sa connaissance experte, le chercheur en TAL est idéalement placé pour jouer un rôle de lanceur d'alerte sur des problématiques dont il est parfois le seul à percevoir le risque. Toutefois, c'est en collaboration avec les spécialistes (ergothérapeutes, psychologues, sociologues du travail, etc.) de chaque type d'impact que devront être conçus les protocoles d'expérimentation appropriés. Dans un premier temps, nous allons présenter le cadre classique de l'analyse de risque et voir dans quelle mesure il peut s'appliquer au TAL. Nous nous focaliserons ensuite sur les notions de facteur de risque et de vulnérabilité, que nous mettrons en regard d'une première classification de risques inspirée de travaux sur l'aide aux personnes handicapées. Cette classification sera ensuite affinée sous la forme d'une typologie hiérarchique qui forme une grille d'analyse pour toute étude de risque en TAL, voire pour toute technologie numérique. Afin d'illustrer la mise en œuvre de notre démarche, nous présenterons enfin une étude expérimentale évaluant la criticité d'un facteur de risque liés au TAL : l'utilisation d'une commande vocale chez les préparateurs de commandes.

### 3. Qu'est-ce que le risque ?

Historiquement, les premières tentatives de modélisation du risque remontent aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles et sont le fait de mathématiciens (Huygens, Bernouilli, Pascal) qui s'interrogeaient sur l'incertitude d'occurrence d'un évènement donné. La révolution industrielle va ensuite profondément renouveler la notion de risque : alors que celui-ci était lié dans les consciences à des calamités naturelles par essence inévi-

tables, celles-ci vont laisser la place aux catastrophes et crises environnementales liées au processus industriel. Le risque est désormais imputé aux activités humaines et on observe l'émergence d'une société réflexive du risque (Beck 2001), où celui-ci n'est acceptable que dans la mesure où l'on cherche à l'évaluer (rapport bénéfice/risque) et à le gérer. C'est dans ce cadre que l'on voit apparaître un ensemble de réglementations et de normes liées à la définition du risque et à sa maîtrise.

Le référentiel terminologique ISO Guide 73:2009 ne lie pas le risque à une menace mais, comme chez Huygens, à l'incertitude d'un évènement. Il y est défini comme « *l'effet de l'incertitude sur l'atteinte des objectifs* », une note précisant bien que « *un effet est un écart, positif et/ou négatif, par rapport à une attente* ». Cette définition permet d'intégrer le risque financier et économique. Il en va de même dans le domaine du risque professionnel, où les aspects bénéfiques d'une nouvelle technologie sont également évalués. Toutefois, dès qu'on en revient au risque industriel, sanitaire ou environnemental, ce sont les conséquences néfastes des processus qui sont mises en avant, comme dans les normes européennes (EN 292-1 et EN 1050). Dans cet article, nous suivons une caractérisation du risque proche de celle du risque sanitaire tout en visant l'analyse de l'impact bénéfique comme négatif des technologies langagières. Afin de tester la généralité de notre approche, nous l'avons également confrontée à une expérience portant sur la prévention du risque professionnel, qui sera présentée en section 6. Ceci nous a conduits à intégrer également la terminologie usuelle dans le domaine du risque professionnel. Dans les deux cas (risque sanitaire ou industriel et risque professionnel), le risque est appréhendé par l'association de trois notions :

- **le facteur de risque**, qui caractérise l'élément ou le processus susceptible de causer un risque, *i.e.* une situation imprévue mais non nécessairement dommageable. La question que nous nous posons ici est de savoir si les technologies langagières doivent être considérées comme des facteurs de risque. Ceci, en ayant conscience qu'une technologie complexe peut constituer une source plurifactorielle de risques (Beck 2001). D'un point de vue terminologique, la notion de facteur de risque répond au terme de danger dans le domaine de la prévention du risque professionnel ;

- **la vulnérabilité**, qui décrit d'une part l'objet du risque, à savoir l'élément qui le subit (ce peut être aussi bien un écosystème, un individu ou l'ensemble de la société), et d'autre part ses conséquences (par exemple, la mort ou l'invalidité). Dans le cadre de la prévention du risque, la vulnérabilité sera décrite par la notion de dommage ;

- **la criticité**, qui combine la gravité du risque (estimée suivant une certaine échelle) pondérée par sa probabilité d'occurrence. Son évaluation peut être expérimentale (étude statistique sur une population de test, par exemple) ou fondée sur des retours d'expériences d'experts permettant de qualifier un degré de gravité.

Pour illustrer ces notions, prenons l'exemple d'un risque d'électrocution ; ici, le facteur de risque (« danger » dans le domaine du risque professionnel) est tout appareil électrique, et la vulnérabilité (resp. « dommage ») la tétanisation des muscles ou le décès. Pour présenter notre démarche, nous allons nous focaliser sur la proposition d'une classification de facteurs de risque suivant leur vulnérabilité, puis nous détaillerons une étude expérimentale qui vise à approcher la criticité d'un risque donné.

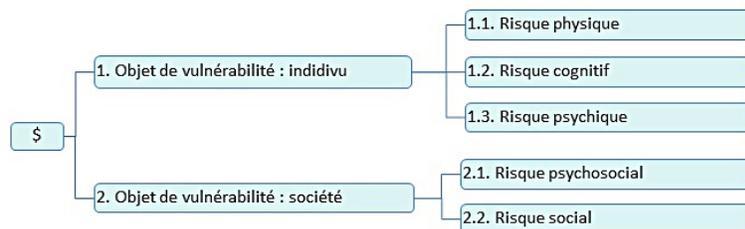
Industriel ou sanitaire	Professionnel	Définition
Facteur de risque	Danger	Élément ou processus causant le risque
Vulnérabilité	Domage	Élément subissant le risque
Criticité	–	Probabilité × Gravité

**Figure 1.** Terminologie dans différentes approches de l'analyse du risque

#### 4. Une première classification de risques suivant la vulnérabilité

La classification de risques que nous proposons est organisée sous la forme d'une typologie hiérarchique. La figure 2 présente les deux premiers niveaux de cette hiérarchie. Le premier niveau correspond à l'objet de vulnérabilité et distingue les atteintes à l'individu de celles qui relèvent d'une dimension sociétale. On classe en *risque individuel* tout risque dont l'objet de vulnérabilité se limite à un individu. Ce risque individuel est ensuite découpé en trois classes d'impacts :

- **le risque physique**, qui caractérise une atteinte à l'intégrité physique de l'individu par suite de l'usage d'un système. Il correspond à des blessures, des dégradations, des traumatismes pouvant conduire à des handicaps physiques ;
- **le risque cognitif**, qui porte sur une modification de certaines fonctions cognitives. Dans le cadre de l'aide technique au handicap, les thérapeutes sont ainsi attentifs à ce type de risque, une assistance trop importante pouvant induire une régression cognitive entraînant une perte d'autonomie en l'absence de dispositif d'assistance ;
- **le risque psychique**, qui se traduit par une perturbation des affects, des réactions ou de la perception de la réalité. Le stress relève ainsi de ce type d'impact.



**Figure 2.** Deux premiers niveaux de la typologie : vulnérabilité et classe d'impact

Le *risque sociétal* met en jeu autant les relations sociales des individus que le système social en lui-même. Il s'agit d'impacts qui sont souvent sous-évalués. Nous distinguons deux types de risques sociétaux :

- le risque **psychosocial**, qui concerne aussi bien la modification du lien social que le rapport de l'individu à la société (respect des libertés individuelles par exemple) ;

– le risque de modification du système **social**, dans ses dimensions politique, économique ou culturelle.

Cette classification vise un degré de généralité qui lui permet de s'appliquer à toute technologie numérique. Elle s'applique également au domaine du risque professionnel. En effet, pour les études sur le risque au travail, une classification en risques physiques, cognitifs, psychiques est également utilisée. C'est alors l'interaction entre l'homme et les dangers auxquels il est exposé qui constitue le point de départ de l'approche « risques professionnels ». Ces travaux ne considèrent cependant pas les atteintes relevant d'une dimension sociétale, contrairement à notre typologie.

Nous allons maintenant présenter en détail chaque élément de notre typologie en l'illustrant avec des applications relevant du TAL.

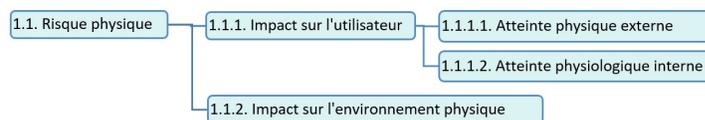
## 5. Une classification typologique des facteurs de risque adaptée au TAL

La typologie que nous présentons dans cette section comporte plusieurs niveaux hiérarchiques. Nous allons la présenter en détaillant chacune des cinq grandes classes de risques précédentes (physique, cognitif, psychologique, psychosocial et social).

### 5.1. *Risque physique*

Le risque physique concerne assez peu le TAL, qui a rarement prise sur l'environnement physique. Il ne doit toutefois pas être négligé. Notre typologie distingue ici les facteurs de risque subis par l'utilisateur d'un système technique de ceux entraînant un dommage sur l'environnement physique (figure 3).

Tout facteur de risque correspond à un nœud terminal de la typologie. Un facteur de risque ayant un impact physique externe direct sur l'utilisateur correspondra ainsi au nœud 1.1.1.1 de la typologie. Ce type d'impact a été caractérisé dans le cas de l'utilisation de la reconnaissance vocale dans les centres logistiques. Afin de permettre un travail mains libres, les préparateurs de commandes sont guidés dans leur mission grâce à un dialogue oral homme-machine de type commande vocale. Ce mode de gestion permet une densification du travail qui peut entraîner une augmentation des lombalgies ou des troubles musculosquelettiques. Nous présenterons en section 6 la méthodologie expérimentale qui a permis de caractériser ce risque. Notre typologie



**Figure 3.** *Sous-typologie des risques physiques*

distingue deux types d'impacts sur l'utilisateur : les atteintes physiologiques internes

(modification hormonale, par exemple) et les atteintes physiques externes correspondant aux effets néfastes que nous venons d'évoquer.

### 5.2. Risque cognitif

Bien que notre communauté scientifique se soit peu penchée sur la question, le risque cognitif concerne de manière significative les technologies langagières. Rappelons que ce risque porte sur une modification de certaines fonctions cognitives ou de l'état cognitif général de l'utilisateur. Le premier sous-niveau de classification du risque cognitif concerne précisément cette distinction (figure 4).

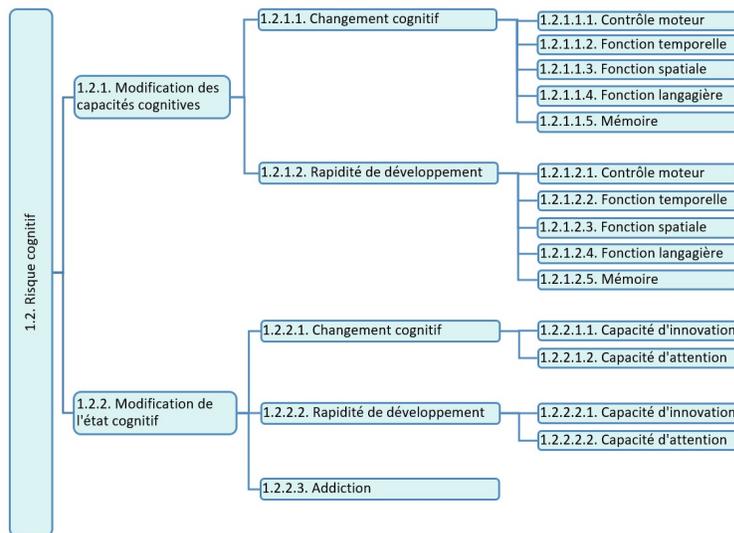


Figure 4. Sous-typologie des risques cognitifs

Le niveau suivant distingue (i) tout changement (régression ou optimisation) d'une fonction cognitive du fait de l'usage d'une technologie et (ii) le retard (ou l'avance) au développement, *i.e.* toute modification de l'acquisition d'une fonction lors du développement cognitif de l'enfant. Ces deux types d'altérations sont ensuite différenciés suivant la fonction cognitive concernée (contrôle moteur, mémorisation, fonctions liées aux représentations spatio-temporelles ou au langage). Dans le cas des modifications de l'état cognitif général, ce sont des fonctions plus globales telles que la capacité d'attention ou d'innovation qui seront visées. Cette structuration s'inspire directement de la classification CIF des fonctions mentales proposée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS 2001). S'ajoute enfin la question des addictions cognitives qui ont un impact général sur le fonctionnement cognitif. Ces atteintes ne concernent pas toutes

le TAL. Nous allons toutefois donner quelques exemples qui montrent l'importance d'une réflexion sur les impacts cognitifs des technologies que nous élaborons.

**Modification des compétences langagières : prédiction de mots pour l'aide à la saisie de texte** – Ce type d'application concerne aussi bien l'aide à la communication pour personnes handicapées que la saisie de texte sur dispositifs mobiles (Antoine 2011). Ces techniques sont généralement évaluées à l'aune des bénéfices qu'elles permettent en termes de vitesse de saisie, voire de développement cognitif. Par exemple, il a été observé que la prédiction de mots du système d'aide à la communication *Sibylle* (Wandmacher *et al.* 2008) induit un accroissement des productions langagières chez des enfants paralysés cérébraux, ce qui favorise leur développement cognitif. En outre, il semblerait que ces enfants commettent moins de fautes d'orthographe avec *Sibylle*. La question se pose toutefois de savoir si cette aide augmente la maîtrise du système de la langue ou si elle masque au contraire un abandon de cette capacité au profit du système. Ce risque, qui a été soulevé par de nombreux orthophonistes suivant des enfants utilisant ces aides cognitives, demande à être évalué en termes de criticité. Nous évoquerons en conclusion l'analyse de risque que nous avons amorcée sur ce sujet. Ce risque se classe sous le nœud 1.2.1.2.4. de notre typologie, soit suivant le chemin Individu > Risque Cognitif > Modification des Capacités Cognitives > Rapidité de développement > Fonction langagière.

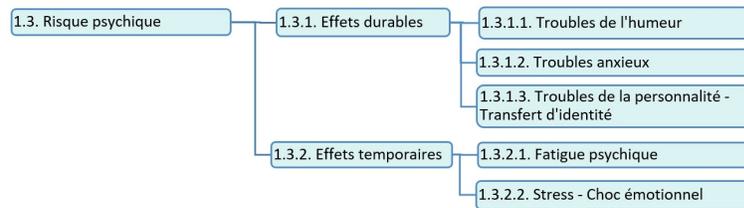
**Mémoire altérée : texte numérique et abandon de l'écriture cursive** – Si l'on imagine aisément que le TAL peut avoir un impact sur les fonctions langagières, celui-ci peut également concerner d'autres fonctions cognitives. C'est le cas des fonctions de mémorisation, pour lesquelles les exemples d'influence des technologies numériques se multiplient. On peut déjà rappeler le « *Google effect* » relevé par Sparrow *et al.* (2001). Cette expérience a montré que les sujets qui devaient rechercher une information grâce à l'outil informatique ont eu tendance à mémoriser la procédure, ou le chemin pour la retrouver plutôt que l'information elle-même. Cet effet est d'autant plus insidieux qu'il n'est pas ressenti par les sujets, qui tendent au contraire à surestimer l'importance des connaissances mémorisées lorsqu'ils utilisent un moteur de recherche (Fisher *et al.* 2015). Certaines études nous conduisent à nous demander si un tel impact négatif ne peut pas être également induit par la saisie numérique de textes au détriment de l'écriture cursive. Finlande et États-Unis ont décidé l'abandon de l'apprentissage scolaire de l'écriture cursive. Or, de nombreux psychologues du développement ont fait remarquer que la mobilisation des aires motrices lors de l'écriture manuscrite favorise la mémorisation (Longcamp 2003). Le risque qui est questionné ici concerne un éventuel retard au développement et correspond au nœud 1.2.1.2.5.

**Capacité d'innovation et création linguistique : aide à la saisie de texte** – Les systèmes d'aide à la saisie reposent sur la prédiction de mots qui sont puisés au sein de ressources linguistiques. Le choix des mots suggérés se conforme à un idéal linguistique : dans le cas d'une prédiction statistique, l'idéal est défini par la probabilité d'occurrence ; dans le cas d'un système symbolique, c'est une norme qui fait loi. Quelle place accorder dès lors à la créativité linguistique (par le détournement par exemple), et serait-il intéressant de l'évaluer ? De l'invention de l'écriture jusqu'à l'arrivée de la

télévision, on assiste à l'épanouissement de telles tendances directives émanant du média utilisé, et étudié par la sociolinguistique<sup>4</sup>. Ce risque est placé à l'indice 1.2.2.2.1.

### 5.3. Risque psychique

Le risque psychique se traduit par une perturbation de l'état psychologique de l'individu de par l'usage d'un système technique. Ces altérations peuvent concerner les affects, les réactions aux situations, la perception de la réalité, etc. Leurs effets peuvent être temporaires, comme lors d'un choc émotionnel ou bien plus durables comme dans le cas d'un renforcement d'état dépressif. Le premier niveau de sous-catégorisation de notre typologie du risque psychique, proposé en figure 5, repose sur une analyse de la vulnérabilité en termes de durée temporelle. Nous distinguons ensuite le risque suivant la variable psychologique qui est affectée chez l'individu.



**Figure 5.** Sous-typologie des risques psychiques

Dans le cas d'un impact psychique durable, il nous semble envisageable de nous fonder sur les différentes classifications internationales de troubles mentaux (OMS 2006, APA 2003) telles que celles proposées par l'OMS (CIM-10) et l'American Psychiatric Association (DSM-IV-TR). Bien que parfois controversées, ces classifications s'accompagnent de critères diagnostiques qui peuvent être utiles pour l'étude en criticité d'un facteur de risque. Notre réflexion sur les technologies langagières et/ou d'aide au handicap nous a ainsi conduits à caractériser des effets potentiels se rapprochant de troubles de l'humeur (CSM-10 F32 à F38), de troubles anxieux ou de la personnalité (CSM-10 F60). Nous avons tenu par ailleurs à distinguer des effets temporaires que l'on observe dans des travaux sur l'aide à la communication pour les personnes handicapées : fatigue psychique, situations de stress ou choc émotionnel. Ce type d'impact ne doit pas être négligé au titre de son caractère transitoire : par exemple, la fatigue psychique due à l'effort cognitif demandé par l'usage de tels systèmes est une cause fréquente d'abandon de leur emploi. Cet impact se retrouve en situation de travail dans le cas du guidage par commande vocale des préparateurs logistiques, comme nous le verrons plus loin. Quelques exemples vont nous permettre

4. Voir par exemple à la revue électronique *Glottopol* pour une approche des politiques linguistiques et l'impact des médias sur les pratiques discursives : <http://glottopol.univ-rouen.fr/>.

d'illustrer l'application de cette sous-typologie sur des applications relevant du traitement des langues naturelles.

**Choc émotionnel et troubles de l'identité : synthèse vocale et agents communicationnels animés (ACA)** – La synthèse vocale a atteint désormais un degré de naturalité suffisant pour permettre des applications grand public de plus en plus confondantes. C'est son utilisation à des fins personnalisées qui interroge en priorité. On pense aux synthèses vocales qui utilisent la voix désormais perdue d'un patient dans le cas de maladies neurodégénératives. Nos discussions avec des praticiens montrent que l'adoption de cette voix à forte charge émotionnelle, puisque porteuse d'identité, est tout sauf anodine d'un point de vue psychique. Deux situations nous semblent être à contrôler avec attention :

- l'annonce au patient qu'il va perdre sa voix et qu'il faut s'y préparer en procédant à son enregistrement : la séance de recueil peut induire un choc émotionnel critique que la technologie va renforcer (risque 1.3.2.2) ;

- l'usage ultérieur de la voix recueillie par un logiciel d'aide à la communication, qui peut entraîner des effets durables en termes d'identité (risque 1.3.1.3). Les retours d'expérience suggèrent que ce risque concerne aussi bien, en termes de vulnérabilité, la personne handicapée que son entourage (famille, aidants). Ces troubles liés à la synthèse de la parole ne peuvent être ignorés : ils nous semblent équivalents à ceux liés aux greffes d'organes (Triffaux *et al.* 2002). Et ce, d'autant que la parole est un trait de personnalité aussi important que le visage, dont la greffe fait l'objet de questionnements éthiques (Colas-Benayoun *et al.* 2006).

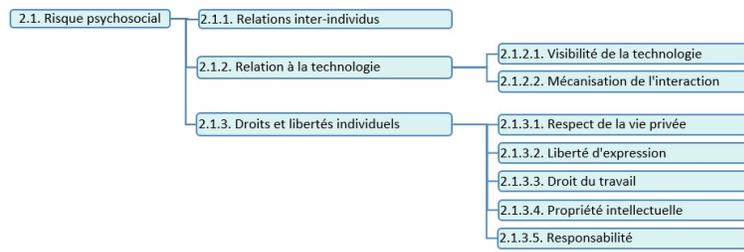
Ce risque psychique peut être généralisé à toutes les tentatives d'imitation du vivant. Dans le domaine du TALN, elles concernent, par exemple, les recherches en dialogue homme-machine sur les agents conversationnels animés dont l'inspiration est le plus souvent anthropocentrée. On peut s'interroger sur l'impact psychique que pourrait avoir l'échange avec un agent artificiel convaincant (phénomènes de transferts, attentes trop fortes dans l'interaction, etc.). La CERNA a précisément produit des recommandations portant sur la pertinence de l'imitation du vivant dans le domaine de la robotique (CERNA 2014) :

*[...] Dans les cas où l'apparence ou la voix humaines sont imitées, le chercheur s'interrogera sur les effets que pourrait avoir cette imitation, y compris hors des usages pour lesquels le robot est conçu.*

#### **5.4. Risque psychosocial (lien de l'individu à la société)**

Du point de vue des applications grand public, ce sont les situations de vulnérabilité sociétale plus qu'individuelles qui ont retenu l'attention des chercheurs en TAL. Cette réflexion s'inscrit avant tout dans les interrogations contemporaines sur la société de l'information numérique créée par Internet : la question de l'anonymisation des corpus, qui relève de fait de la loi informatique et libertés du 6 janvier 1978, revêt, par exemple, un caractère encore plus sensible avec les recherches portant sur les réseaux sociaux. Toutefois, l'impact sociétal du TAL dans notre société numérique

couvre bien d'autres dimensions qui sont le plus souvent ignorées. La première classe de risques que nous avons tenu à identifier concerne l'altération des rapports que les individus entretiennent dans la société : lien social inter-individu médié par les outils numériques, relation avec une technologie de plus en plus anthropocentrée, et enfin respect des droits et libertés individuelles que la société définit par l'intermédiaire de la réglementation (droit du travail, propriété intellectuelle, respect de la vie privée, liberté d'expression et d'information, etc.). La sous-typologie de risques qui en résulte est décrite figure 6. Nous allons l'illustrer à l'aide de quelques exemples d'applications langagières nécessitant une analyse.



**Figure 6.** Sous-typologie des risques psychosociaux, risques sur le lien social et la relation de l'individu à la société

**Altération du lien social : synthèse de la parole, agents conversationnels et interaction affective** – Nous avons identifié plus haut les risques psychiques que présente la tentation d'utiliser les technologies langagières et/ou robotiques à des fins d'imitation du vivant. Lorsqu'un agent virtuel a pour finalité de se substituer à un être humain dans l'échange, il existe un risque potentiel de voir l'utilisateur s'enfermer dans des relations purement virtuelles ou fortement médiées par la technologie dans lesquelles la conscience de la distinction entre humanité et intelligence artificielle peut être brouillée. Ici encore, ce risque a été étudié par la CERNA, dont nous rappelons les recommandations (CERNA 2014) :

- *Si une ressemblance quasi parfaite est visée, le chercheur doit avoir conscience que la démarche biomimétique peut brouiller la frontière entre un être vivant et un artefact. (Recommandation IVI-2)*
- *Pour les projets [...] qui ont trait au développement de la robotique affective, le chercheur s'interrogera sur les répercussions éventuelles de son travail sur les capacités de socialisation de l'utilisateur. (IVI-3)*

On observe que ces impacts potentiellement négatifs concernent aussi bien l'individu (risque 1.3.1.3 évoqué plus haut) que son rapport à autrui : ce second risque est classifié 2.1.1 dans notre typologie. Au fur et à mesure des progrès futurs de l'interaction homme-machine, il est probable qu'un risque spécifique devra être identifié, à mesure où une relation d'ordre nouveau avec la machine se renforcera. Nous l'avons classifié au nœud 2.1.2.2 de notre typologie (mécanisation de l'interaction).

**Invisibilité de la technologie : synthèse vocale, génération automatique de texte** – Les exemples précédents de brouillage entre être humain et artefact concernent l’interaction directe entre individus. D’une manière plus générale, il est important de s’interroger sur notre rapport à la technologie. Quelle place devons-nous lui accorder dans nos sociétés techniques ? Dans quelle mesure redéfinit-elle la notion d’humanité ? Pour aborder ces questions, l’utilisateur doit avoir une conscience claire des interventions de la technologie dans son quotidien. Cette question de l’invisibilité de la technologie concerne la synthèse vocale, déjà évoquée. Il faut également évoquer l’intervention de la génération automatique de texte dans des domaines aussi variés que la gestion automatique de la relation client et la rédaction automatique de comptes-rendus boursiers ou de résultats électoraux. Ces interventions sont si sensibles que le quotidien *Le Monde* a tenu à les expliciter à l’occasion de la dernière consultation départementale (Le Monde 2015). Nous classons ces problèmes d’invisibilité sous le nœud 2.1.2.1 de notre typologie.

**Respect de la vie privée : détection d’auteur sur les réseaux sociaux** – Le respect de la vie privée est certainement un des droits individuels sur lesquels la population est la plus sensibilisée avec l’émergence des réseaux sociaux. Cela n’empêche toutefois pas de nombreux chercheurs en TAL et recherche d’information de mener des travaux sur la détection d’auteurs non identifiés explicitement (Stamatatos 2009). Ce risque se retrouve dans le domaine de l’utilisation du traitement de la parole appliqué à la reconnaissance automatique du locuteur<sup>5</sup>. Historiquement, ces recherches en AA (*Authorship Authentication*), issues de la stylistique quantitative, ont eu une justification scientifique (attribution d’auteur à des manuscrits littéraires anciens) puis juridique (détection de plagiat). Leur application à la fouille sur réseaux sociaux pose au contraire des problèmes éthiques qui pousseraient à s’interroger sur l’impact de ces recherches : l’AA permet de lever un anonymat qui peut être considéré par la société comme une atteinte à la vie privée (nœud 2.1.3.1 de la typologie) et peut d’ailleurs faire l’objet d’une étude en criticité. L’impact d’une levée d’anonymat est en effet variable suivant son contexte d’application.

**Droit du travail, propriété intellectuelle : myriadisation et TAL** – Le droit du travail (nœud 2.1.3.3. de notre typologie) est également une dimension qui ne doit pas être oubliée. Du fait de l’émergence d’un TAL centré sur les données faisant un large usage de ressources langagières, c’est sur nos pratiques d’annotation que nous devons nous interroger. Le recours à un travail parcellisé et myriadisé (*microsourcing* et *crowdsourcing* en anglais) pour l’obtention de corpus annotés doit ici être questionné. Dans leur analyse critique d’Amazon Mechanical Turk, Sagot *et al.* (2011) montrent ainsi qu’une part non négligeable des *Turkers* réalise une véritable activité dissimulée représentant une part significative de leurs revenus. La question du travail dissimulé concerne également les GWAP (*Game With A Purpose*) dédiés à la production de ressources linguistiques tels que JeuxDeMots (Lafourcade et Lebrun, 2014) et ZombiLingo (Fort *et al.* 2014), dont les concepteurs insistent sur l’importance que

5. Voir l’atelier « La voix à la barre » qui a été organisé dans le cadre de la dernière conférence JEP-TALN-RECITAL’2016 : <http://lia.univ-avignon.fr/fr/content/lavoixalabarre>.

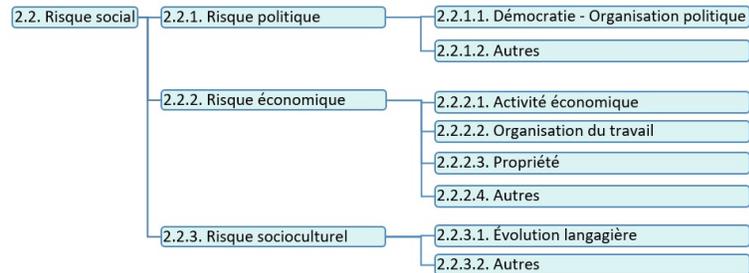
l'activité des joueurs reste strictement ludique et par conséquent non rémunérée.

**Responsabilité individuelle : agents virtuels communicants** – Le statut des agents communicants et autres systèmes de dialogue doit être réévalué suite aux progrès en naturalité de ces derniers. Dans une société où le lien social est lui aussi mécanisé par des plates-formes de mise en relation, l'introduction d'agents conversationnels autonomes est une pratique déjà très répandue et une véritable économie se développe sans que les questions de responsabilité qu'elle induit n'aient été discutées. Celles-ci sont pourtant d'actualité, comme le montre l'exemple récent du Tweetbot Tay de Microsoft, détourné pour lancer des invectives racistes ou reprenant des propos misogynes. Les actes performatifs nuisibles tels que la diffamation, l'insulte, etc. sont déjà encadrés dans la sphère publique, mais quel statut juridique doit être accordé à un agent conversationnel personnel à la source de telles données ? Si la jurisprudence ou la loi attribue la responsabilité à l'agent, alors le créateur est dédouané de responsabilité, ce qui fait des agents une arme performative redoutable, tandis que si le créateur est tenu responsable, alors il est possible qu'il soit injustement attaqué pour simples mauvais réglages. Se pose dès lors aussi la question de la répartition équitable de la responsabilité dans le cas où l'agent a été créé par plusieurs personnes. Ces situations nourrissent un débat juridique actuel sur la nécessité ou non de l'attribution d'une personnalité juridique morale aux robots et agents conversationnels, ou d'abandonner au contraire cette responsabilité à leurs propriétaires ou concepteurs (Cavelerey 2008, Pagalo 2010, Bertolini et Palmerini 2014, Robolaw 2014, Bensoussan 2015). Elles relèvent du risque 2.1.3.5. de notre typologie.

### 5.5. *Risque sur le système social*

Enfin, le dernier type de risque concerne la modification de l'état de la société dans sa globalité et dans au moins une de ses composantes. Nous pensons, par exemple, à l'influence des technologies numériques sur la prise de décision politique. Ainsi, les aides techniques aux personnes handicapées peuvent limiter la visibilité de ces dernières dans l'espace politique, avec pour conséquence éventuelle une limitation des politiques d'aides à leur égard et à l'égard des aidants dans nos sociétés budgétairement contraintes. La question de l'influence de l'automatisation sur le marché de l'emploi et de l'économie est documentée depuis les débuts de la révolution industrielle (Jarrige 2014). Nous verrons dans les exemples ci-dessous que cette question ne peut être éludée par les technologies langagières. Enfin, l'impact socioculturel du TAL associé aux grandes masses de données disponibles sur les réseaux ne peut pas non plus être ignoré. En particulier, il convient de s'interroger sur l'influence des technologies langagières sur le système même de la langue. La figure 7 résume ces différents types de risques que nous allons une nouvelle fois illustrer à l'aide d'exemples.

**Risque politique et surabondance de l'information : indexation automatique, fouille de textes et recherche d'information** – Au sein de notre société numérique connectée, les technologies langagières ne sont généralement pas des facteurs de risque primaires, mais des facteurs aggravant de criticité auxquels il convient de prendre garde. Face à une évolution rapide d'une rareté vers une surabondance nocive



**Figure 7.** Sous-typologie des risques sur le système social dans sa globalité

de l'information (Ganascia 2013 ; Mariani 2013 :14), le TAL a un rôle important à jouer : l'indexation automatique de contenus, la fouille de textes et la recherche d'information peuvent aider l'utilisateur à donner du sens à son immersion dans de larges flux d'informations et de connaissances. Mais elles peuvent également participer à l'illusion trompeuse d'une maîtrise de ces grandes masses de données, comme le suggèrent les expérimentations (cf. § 5.2) sur le sentiment erroné de connaissance que développent les utilisateurs de moteurs de recherche (Fisher *et al.* 2015). Ainsi, la mise en œuvre de robots logiciels pour la rédaction de textes journalistiques, déjà citée, ou bien de moteurs de filtrage automatiques nous semble jouer contre une maîtrise consciente de nos stratégies personnelles de contrôle et de sélection de l'information. Ce risque politique est catégorisé au nœud 2.2.1 de notre typologie.

**Risque économique des technologies langagières** – Les technologies langagières sont de plus en plus concernées par l'économie de la société numérique de l'information. À ce titre, leur impact économique ne peut être ignoré. À titre d'exemple Sagot *et al.* (2011 : § 3.3) font une revue des études qui ont été menées sur le coût des ressources créées avec Amazon Mechanical Turk. Dans un autre contexte, la recherche d'information a créé « la bourse des mots », algorithme permettant à un annonceur de proposer une enchère sur un mot saisi dans un moteur de recherche afin de lui affecter la publicité la plus appropriée (*i.e.* qui a le plus de chance d'être suivie). Cette économie linguistique, étudiée par Kaplan (2014), conforte une disparité entre langues richement et faiblement dotées. Ce risque (au nœud 2.2.2 de notre classification) est abordé par d'autres auteurs tels qu'Enguehard *et al.* (2014).

**Risque socioculturel : technologies langagières et système de la langue** – L'usage des technologies langagières influence l'évolution de la langue, tout comme le fit jadis le passage de l'oral à l'écrit : d'un certain point de vue, à chaque bond technologique en matière de supports<sup>6</sup>, le système linguistique dans son ensemble est touché. Par exemple la sémantique et les mécanismes référentiels à l'œuvre dans l'usage de « technomorphèmes » tels que les hyperliens, les hashtags dans les discours numériques

6. On extrapole un peu ici l'acception de technologies du TAL pour considérer tout l'appareillage numérique utile à la production linguistique : SMS, tweet, forum, etc.

commencent à susciter l'intérêt des analystes du discours (Paveau 2014). Frédéric Kaplan (2014) montre, par ailleurs, que le choix de l'anglais comme langue pivot entre deux autres idiomes par Google Translate se traduit tout d'abord par un biais culturel qu'il faudrait étudier. Mais qu'en outre, les textes produits ainsi automatiquement (et leurs erreurs) peuvent être pris à tort comme ressources primaires et participer à une forme de « créolisation numérique ». Au-delà d'un simple enrichissement lexical nécessaire à désigner une nouvelle réalité, on assiste à un genre d'hybridation de la langue entre productions naturelles et productions artificielles pour lesquelles l'appareillage méthodologique de l'analyste se doit d'évoluer.

De même, on pourrait examiner l'impact de la simplification de texte, qui propose de contourner provisoirement les difficultés lexicales d'apprenants ou de personnes souffrant de certaines pathologies du langage, dans le but de les accompagner vers une compétence langagière de meilleure qualité. Son principe est de remplacer au sein d'un texte un item lexical dont la complexité est jugée trop poussée, par une alternative dont la complexité est inférieure (mot plus fréquent, par exemple). Cette méthode permet de rendre accessibles à l'utilisateur diverses productions discursives dont des œuvres littéraires, par exemple. On peut toutefois s'interroger sur l'impact de la simplification sur l'intégrité des discours, et sur l'évolution du système linguistique dans son ensemble. Ces modifications de la langue sont regroupées sous le nœud 2.2.3.1.

## **6. Évaluation expérimentale de la criticité : commande vocale et *Voice Picking***

La grille d'analyse que constitue la typologie de risques que nous venons de présenter a pour ambition d'aider le chercheur à réfléchir aux impacts des technologies qu'il développe. Cette réflexion doit conduire à la formulation d'hypothèses sur le facteur d'impact que peut constituer la technologie concernée. Ces hypothèses doivent toutefois être ensuite validées par une étude expérimentale, qui peut également conduire à une évaluation en criticité. À titre illustratif, nous allons présenter un exemple d'évaluation expérimentale conduite sur une technologie relevant du traitement du langage et de la parole : l'utilisation du dialogue oral homme-machine pour la préparation de commandes dans les centres logistiques.

### **6.1. Contexte – *Voice Picking* et préparation de commandes**

Il a fallu une dizaine d'années pour que la préparation réalisée au moyen de listing papier devienne très largement guidée par une application de dialogue oral homme-machine, appelée *Voice Picking* (95 % sur les plates-formes de grande distribution). Ce changement a été motivé par une recherche de réduction des taux d'erreurs de prélèvement, de gains de productivité et une recherche de « confort » pour le préparateur (libération des mains et de la vue lors des phases de conduite et de manutention). La préparation est une activité qui sollicite fortement le corps puisque certaines opérations cumulent plusieurs contraintes physiques : port de charges avec ou sans déplacement, postures penchées ou extension du tronc, etc. Par ailleurs, ces opérations sont ré-

pétitives et souvent réalisées avec une cadence soutenue (pour de l'épicerie en grande distribution, 180 colis par heure sont préparés par un préparateur avec des listings papier). En regard de l'importante activité de manutention manuelle, les préparateurs de commandes sont donc exposés à des risques de TMS (troubles musculosquelettiques) et plus spécifiquement à l'apparition de lombalgies aiguës, de douleurs aux épaules, etc. Les statistiques de la Caisse nationale de l'assurance maladie des travailleurs salariés (CNAMTS) montrent que la fréquence des accidents du travail (AT) avec arrêt dans ce secteur est 1,75 fois plus importante que celle tous secteurs confondus. La plupart des AT du secteur sont des douleurs et des lumbagos (44 %), des contusions (28 %) et des entorses (7 %). Ces retours, qui s'appuient sur l'analyse des déclarations d'accidents et les reconnaissances de maladies professionnelles, constituent un moyen d'estimer la criticité *a posteriori* d'un risque. Nous avons désiré faire un point sur l'arrivée d'une nouvelle technologie (le *Voice Picking*) dans un domaine où le risque était déjà identifié. C'est ce retour d'expérience qui est présenté dans cette section.

Phases	Système de guidage vocal	Préparateur	Description de l'échange
Réalisation de la commande	allée dix	ok	Adresse de la prise de colis et validation du préparateur
	emplacement deux cents quinze	Six... trois (code détrompeur 63)	Authentification de l'emplacement de prise de colis grâce à l'énumération par le préparateur du code détrompeur affiché sur chaque lisse des racks
	répétez s'il vous plaît	Six... trois	Pas d'authentification du code détrompeur donc demande de fournir le code attendu
	un colis niveau un	un	Information sur la quantité à prélever
	...		
	trois colis	trois	
Fin de commande Dépose sur quai	finir la mission	ok	
	numéro imprimante	zéro ... un	Le préparateur indique l'imprimante la plus proche
	zéro ... un	ok	Confirmation du choix d'imprimante et édition de l'étiquette d'expédition de la palette
	dépose quai deux	huit...trois (code détrompeur quai 2)	Le système indique au préparateur le quai sur lequel la palette doit être déposée et le préparateur valide ce quai par le code détrompeur indiqué sur l'étiquette d'expédition
Prise de commande	prochaine mission	ok	

**Figure 8.** Exemple de dialogue en situation de Voice Picking

La préparation de commandes est une activité qui consiste à prélever des articles en stock pour les expédier aux clients. Pour ce faire, le préparateur dispose au moins des informations suivantes : l'emplacement de l'article à prélever et le nombre d'unités. Le principe du guidage vocal repose sur un dialogue oral entre le préparateur de commandes et un système informatique de gestion et contrôle. L'unité centrale communique ses instructions par synthèse vocale et récupère de même les confirmations du préparateur à l'aide d'une reconnaissance de la parole. Le préparateur peut paramé-

trer le volume sonore et la vitesse d'élocution de la synthèse. Lors de la réalisation des commandes, chaque consigne doit être confirmée, pas à pas, par le préparateur. Seule l'exactitude des informations transmises par le préparateur (code détrompeur, réponse attendue) et vérifiées par le système, autorise le passage à l'étape suivante (figure 8).

Quelles sont les craintes exprimées par les préparateurs, les préventeurs, et les CHSCT (comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail) sur un tel système de guidage ? Elles sont de différentes natures : réduction des effectifs des préparateurs (risque 2.2.2 dans notre typologie), exposition sonore accrue pour les préparateurs (risque physique 1.1.1.1 d'altération des capacités auditives), coût et acceptation de la voix synthétique pour le préparateur, « déshumanisation » de la voix du système (risque 2.1.2 sur les rapports à la technologie) ainsi que sur l'intelligibilité des interventions du système de guidage. Lors de l'écoute d'un message, un non-préparateur est décontenancé par la voix du système qualifiée « d'impersonnelle », voire de « brutale » ainsi que par le message inintelligible lié à la vitesse d'élocution.

## 6.2. Méthodologie

Il s'agit de décrire les activités de travail des préparateurs afin de disposer de critères d'évaluation de la charge de travail et des contraintes liées à leur activité (Govaere 2009, INRS 2009). L'étude consiste en un recueil de données d'observations et métrologiques sur les activités des préparateurs (déplacements sur chariot, prises de colis, arrangements sur palette, etc.), un recueil des échanges verbaux entre le système vocal et le préparateur, et un recueil de données subjectives (entretiens, questionnaires et autoconfrontations) sur les effets du mode de guidage. Cinq plates-formes logistiques ont participé à cette étude. Certaines utilisent un mode de guidage papier, d'autres du guidage vocal, d'autres un guidage par *Radio Frequency Identification* (RFID). Une plate-forme est plus particulièrement accompagnée dans son passage du guidage papier au guidage vocal. Ces plates-formes appartiennent à des groupes nationaux et livrent des clients de la grande distribution. Le protocole d'observation, d'entretien et de questionnaire est identique pour l'ensemble des plates-formes. Une comparaison entre plates-formes vise à identifier les invariants d'un mode de guidage indépendamment de l'organisation de l'entreprise, de son bassin d'emploi, du type de la marchandise. Le guidage papier est considéré comme la situation de référence.

## 6.3. Quelques résultats

Les premiers résultats portent sur l'efficacité du système : y a-t-il un gain en termes de qualité ? De quantité ? De confort pour le préparateur ? Le système fonctionne-t-il ? La qualité sur une plate-forme est fréquemment mesurée par un taux d'erreur (colis manquant, remplacement de colis...). Celui-ci est divisé par trois avec le passage du papier au vocal (0,3 %). La quantité produite augmente de 15 % à 20 % en passant du guidage papier au guidage vocal. Le guidage papier est souvent dans les mains ou la bouche, ou encore sous le bras pendant la conduite du chariot ou pendant la

manutention. La consultation de ce papier se réalise également fréquemment durant les déplacements des préparateurs. Avec le guidage vocal, le préparateur dispose d'un boîtier porté à la ceinture, d'un casque et d'un micro. Ainsi, les mains, les bras et la bouche sont libérés du port de ce papier que ce soit pendant la conduite du chariot ou pendant la manutention. Les mesures réalisées durant l'étude montrent un taux d'erreur de reconnaissance de la parole de 0,04 % soit en moyenne 2 minutes de dysfonctionnement<sup>7</sup> (figure 9) sur un poste de travail complet (7 heures).

Préparateur	Traduction du système	Conséquences
bonjour	retour	Reprise des instructions précédentes
	bip.....bip	Difficultés de chargement de la commande
huit ... deux ... huit ... deux	deux ... huit	Problème de segmentation
ça va Seb ?	le préparateur actuel est ...	Lancement de la procédure d'identification du préparateur (nom, code d'identification, mesure de bruit...)

**Figure 9.** Exemples d'erreurs de reconnaissance de parole lors du guidage vocal

**Le guidage vocal, solution de gestion des risques liés à la manutention ?** – Le guidage vocal s'accompagne d'une réduction des contraintes posturales des préparateurs : les observations montrent que les mouvements ne sont plus restreints par le port du papier, que la prise des colis à deux mains est facilitée, que les mouvements de collage d'étiquettes sur les colis avec le guidage papier ont disparu. Cette amélioration s'accompagne d'une augmentation de productivité (+ 15 à 20 %). Pour les directions de plates-formes, ces gains en qualité et en quantité sont acceptables et relèvent de la disparition de temps « improductif » (collage d'étiquette, déplacements pour prendre les papiers entre les commandes, etc.). Les mesures réalisées montrent, quant à elles, que l'augmentation de la productivité constitue une accélération de la cadence plus qu'une récupération de temps « improductif ». Certaines opérations (attente d'approvisionnement des racks, attente dans les allées liée à leur encombrement, etc.) sont en augmentation, réduisant ainsi le temps « productif » ; on produit davantage en moins de temps. Cette accélération est liée aux dialogues système-préparateur plutôt qu'à un rythme imposé par le système ; la réponse du préparateur déclenche (dans les 0,7 secondes) l'émission par le système de l'instruction suivante, ce qui conduit le préparateur à fournir une nouvelle réponse et ainsi de suite. Ce système de type stimulus – réponse conduit à une course autoalimentée. L'augmentation de la productivité se traduit directement par un accroissement des charges soulevées. Cet accroissement est supérieur à 15 % par rapport au guidage papier. Autre évolution, avec le guidage pa-

7. Concernant le système de reconnaissance de la parole, une mesure du bruit ambiant est faite à la prise de poste afin d'optimiser la robustesse du décodage.

pier, le préparateur a une vision globale de ce qu'il va devoir préparer. Il consulte en début de mission la commande afin d'optimiser l'équilibre de la palette à construire : les produits lourds et volumineux sont prélevés en premier pour être positionnés en bas de palette et assurer une bonne stabilité. Avec le guidage vocal, cette vision globale est empêchée ; l'objectif est de guider pas à pas le préparateur afin de réduire les oublis, les inversions de colis et ainsi, le nombre des erreurs. Les conséquences en sont des manipulations supplémentaires de colis afin de stabiliser la palette (+30 % de manipulations parasites).

**Guidage vocal et sécurité dans la surveillance de l'environnement** – Le guidage vocal libère le préparateur de la lecture des papiers de commandes. Cependant, le contrôle visuel des zones d'évolution n'est pas optimal. On observe que la réception des instructions auditives intervient fréquemment pendant la conduite d'un chariot (34 %). Les préparateurs soulignent la difficulté de garder le contact avec l'environnement dans la mesure où le média vocal focaliserait l'attention sur les instructions et la tâche au détriment de la prise en compte de l'environnement.

**Le guidage vocal, source de risques auditifs ?** – Les préparateurs se plaignent de symptômes auditifs tels que des sifflements ou bourdonnements d'oreilles. Ces symptômes concernent plus ou moins régulièrement 70 % des préparateurs et apparaissent plus marqués avec l'âge. Ils signalent également une fatigue auditive et des maux de tête. Nos mesures acoustiques confirment l'existence d'un risque pour l'audition (intensité supérieure au premier seuil d'action réglementaire de 80 dB(A)). De plus, les intensités sonores peuvent être préjudiciables à l'oreille si le réflexe stapédien ne se déclenche pas. Étant donné la brièveté des messages (vitesse d'élocution maximale), ce réflexe ne peut intervenir pour protéger l'oreille de ces intensités impulsionnelles.

**Le guidage vocal, vecteur de « déshumanisation » du préparateur ?** – La voix de synthèse du système, surprenante lors des premières écoutes, est acceptée voire appréciée par la majorité des préparateurs. Cette évaluation se renforce d'ailleurs avec le temps. Ce constat trouve son explication dans les entretiens menés ; les préparateurs expriment un sentiment de robotisation avec ce système et de dépendance forte à la « machine » (Gollac 1996). Ainsi, la voix de synthèse est en cohérence avec leur sentiment. De plus, les préparateurs souhaitent que les instructions soient épurées de toutes formules de politesse : « c'est une machine ! Pourquoi elle dit SVP ? De toute façon on n'a pas le choix [...] qu'elle nous dise que ce qu'on doit faire [...] en plus on l'entendrait moins longtemps ». Ainsi, les préparateurs ne souhaitent pas humaniser ces dialogues vécus comme des prescriptions d'un système technologique. On retrouve ici les recommandations de la CERNA, évoquées plus haut au sujet du risque 2.1.2.2.

L'aspect inintelligible de l'instruction (vitesse d'élocution) paraît également déconcertant lors des premières écoutes. Néanmoins, les préparateurs affirment que cette vitesse d'élocution est choisie afin de « l'entendre moins longtemps ! [...] L'information importante [...] on sait où elle se trouve dans l'instruction ». Ainsi, cette vitesse qui donne une impression d'inintelligibilité, est en fait une stratégie de réduction d'exposition à la machine...

Le dernier aspect soulevé porte sur les relations sociales, le collectif de travail : 84 % des préparateurs constatent une dégradation des relations avec leur hiérarchie et une diminution des communications entre préparateurs de commandes. Ce risque peut

être catégorisé au niveau 2.1.1 de notre typologie (relations inter-individus) même si cette étude suggère de raffiner la typologie pour intégrer ce qui relève explicitement de l'organisation au travail et des relations humaines.

**Erreurs du système : acceptables ?** Seulement 0,04 % d'erreurs de reconnaissance du système de dictée vocale ! Seulement 2 minutes d'erreurs sur 7 heures de travail ! Sur un plan purement technique, il s'agit de belles performances dans un environnement bruyant où des palettes tombent, des engins circulent et 100 à 150 salariés travaillent sur une plate-forme. Et pourtant, ces erreurs sont ressenties comme inacceptables par les préparateurs ! Le système vocal est une contrainte dans leur chemin de préparation, dans l'arrivée de l'information, dans les communications avec leurs collègues... L'erreur est un élément subi par le préparateur. Le système est également subi parce que les préparateurs doivent le gérer ; par exemple, à proximité d'un bruit probablement perturbant pour le système, ils disent « OK » afin que le système répète la dernière instruction et se « focalise » sur le « OK » plutôt que sur le bruit ambiant. Ainsi, le préparateur prononce entre 400 et 500 fois par heure le « OK ». Au final, lorsque le système produit une erreur, l'activité du préparateur est arrêtée. Dans les exemples d'erreurs donnés dans le tableau figure 9, la procédure d'identification va prendre 1 à 2 minutes... qu'il va falloir rattraper pour maintenir son niveau de production.

#### 6.4. *Quelles conclusions de cette étude préparateurs ?*

Le bilan du passage au guidage vocal s'avère contrasté en termes de santé sécurité pour les préparateurs de commandes alors que les fonctionnalités semblaient prometteuses. Toutes les transformations liées à l'utilisation de ce système n'ont pas été décrites dans cet article (débordement sur la vie privée, niveau d'irritation important, diminution du temps de récupération au moins physique, etc.). Néanmoins, on peut retenir que les risques et les transformations ne sont pas toujours là où, *a priori*, ils étaient attendus. Par ailleurs, les effets des transformations ne sont pas systématiquement visibles dès l'introduction des systèmes. Les questionnaires de satisfaction ne révèlent pas l'ampleur de la transformation de la situation de travail et ainsi, des risques et de leur niveau d'exposition. En effet, l'un des résultats est également que majoritairement, les préparateurs ne souhaitent pas revenir à un mode de guidage papier. La prime à la productivité accompagnant généralement cette activité de préparation est probablement un élément explicatif majeur de ce choix.

En termes d'accidents et de maladies professionnelles, les chiffres de la CNAMTS ne permettent pas à ce jour de conclure à des risques plus ou moins élevés. En effet, les campagnes d'information grand public concernant les TMS ont conduit à une déclaration plus importante de ces maladies quelles que soient les activités concernées ; il est ainsi impossible de déterminer la part attribuable au mode de guidage des préparateurs de commandes de celle attribuable à l'information de cette même population sur le risque physique qui avait initialement retenu l'attention. Concernant les accidents du travail des préparateurs, ils sont toujours au-dessus de la moyenne tous secteurs confondus (près de deux fois plus fréquents). Néanmoins, là encore, le recours impor-

tant à une population d'intérimaires depuis l'utilisation du guidage vocal peut avoir un effet sur ces chiffres de déclaration d'accidents.

En termes de prévention des accidents et maladies professionnelles, des mesures techniques ont été proposées puis abandonnées : introduction d'un délai plus long entre la réponse du préparateur et l'instruction suivante par exemple. Cette mesure qui visait à donner un temps de « récupération » au préparateur se transformait en temps d'attente subit par ce dernier et générait à son tour davantage de contraintes. Le faible nombre d'actions sur le dispositif lui-même illustre que ce sont moins les dysfonctionnements techniques qui génèrent les contraintes et les risques pour les préparateurs que l'activité de préparation augmentée de ce dispositif.

## 7. Conclusion

**Place du TAL dans une analyse éthique des technologies** – Dans cet article, nous avons cherché à mener une réflexion éthique sur les conséquences de la diffusion croissante des technologies langagières, et plus globalement des technologies numériques. Cette démarche s'intègre totalement avec nos pratiques d'évaluation des systèmes. De manière imperceptible, les technologies langagières ouvrent des possibilités d'augmentation de l'humain de plus en plus présentes dans le quotidien. Cette situation nous plonge dans les questionnements autour du posthumanisme et du transhumanisme, ayant respectivement pour principe la réparation puis l'augmentation de l'humain (Kleinpeter 2013). Nous sommes conscients que les technologies permettant une augmentation de la compétence langagière doivent être mises en perspective avec celles qui les ont précédées, à savoir l'écriture, l'imprimerie, ou encore la télévision. C'est dans cette optique que nous cherchons d'une part à savoir en quoi l'aide proposée par certains outils du TAL reste une forme d'amélioration, et d'autre part à limiter les effets indésirables de l'utilisation massive de ces derniers. Nous avons ainsi cherché à montrer que, comme toute technologie, les systèmes de TAL ne sont pas des objets neutres mais ont un impact individuel et sociétal sur lequel le chercheur doit s'interroger. Une pratique éthique de recherche dans le domaine ne peut donc se résumer aux questions importantes d'anonymisation, mais doit aussi concerner plus généralement les risques physiques, psychologiques, cognitifs ou sociétaux induits par ces technologies. Une conclusion préliminaire à ce travail est la nécessité de classer les facteurs de risque d'une part et leurs impacts d'autre part. La typologie de risques que nous avons proposée permet précisément de guider une évaluation éthique en TAL.

**Évaluation de la criticité** – Cette proposition s'est accompagnée d'une illustration de caractérisation expérimentale du risque et de sa criticité. L'évaluation de la criticité dépasse les objectifs de notre démarche, au sens où elle nécessite des expériences spécifiques à la technologie étudiée. Dans notre esprit, le cadre d'analyse éthique que nous proposons doit toutefois systématiquement intégrer une étude en criticité dès qu'un facteur de risque a été identifié. Ainsi, nous menons actuellement une étude exploratoire qui vise à évaluer l'impact des systèmes de prédiction lexicale sur les compétences orthographiques de leurs utilisateurs. Ce risque cognitif a été décrit dans

la section 5.2 (risque cognitif). Chaque situation d'usage pouvant avoir un impact sur les conséquences d'une technologie, la criticité de ce risque est évaluée dans le cadre particulier : l'aide à la communication chez des enfants handicapés (paralysés cérébraux et/ou dysorthographiques) en apprentissage de la langue. Ces expérimentations sont conduites par une équipe pluridisciplinaire associant informaticien, linguistiques, ergothérapeutes et orthophonistes. On notera qu'elles traquent une éventuelle baisse des compétences langagières (régression cognitive) due à une suppléance technique trop importante, mais aussi des effets bénéfiques tels qu'une accélération de la vitesse de saisie de message. Pour l'heure, l'objectif de ces expérimentations est avant tout de proposer et valider une méthodologie d'évaluation originale dans le domaine. Ces expériences sont menées sur une petite cohorte de sujets (6 enfants au CMRRF de Kerpape et à l'hôpital de Garches) non représentative. Les résultats préliminaires que nous avons obtenus pour le moment montrent des effets contradictoires à la fois en termes d'erreurs et de vitesse de saisie suivant les sujets, appelant à des études complémentaires plus larges. En termes de criticité, on ne peut toutefois nier l'existence d'un impact réel mais varié de l'usage de cette technologie. On assiste également à des détournements d'usage, certains enfants utilisant le système non plus comme un communicateur mais comme un correcteur orthographique (Spagnulo 2016).

**Pour une grille d'analyse souple et évolutive : d'une typologie vers une ontologie de risques** – Nous espérons que cette démarche – que nous sommes ainsi en train de développer intégralement dans le cadre de l'aide à la communication – saura susciter un intérêt auprès d'autres chercheurs du domaine. Des retours d'expériences de la part de la communauté scientifique permettraient de consolider et d'enrichir la typologie de risques proposée. De notre point de vue, celle-ci doit d'ailleurs évoluer vers une ontologie qui permettrait une représentation plus souple, plus évolutive et plus riche des facteurs de risque et de leurs relations. Plusieurs éléments militent en faveur de l'abandon à terme d'une structuration purement hiérarchique. On relève tout d'abord qu'un facteur de risque peut avoir un impact sur plusieurs objets de vulnérabilité. De plus, le risque est souvent multifactoriel de même que l'on peut caractériser des effets directs et induits dans l'usage d'une technologie. Enfin, les études menées par l'INRS sur le risque professionnel montrent que les outils numériques sont rarement utilisés dans un contexte isolé, et que le risque résulte parfois de l'utilisation combinée de tels systèmes. L'expression de liens de causalité entre éléments d'une ontologie permet une représentation de ces influences croisées. À titre de première étape, la hiérarchie proposée ici a été modélisée sous la forme d'une ontologie dans le format OWL. Elle est partagée sur la plate-forme WebProtégé (<http://webprotege.stanford.edu/#Edit:projectId=fc23c6ed-3a01-4c98-9fd0-2e0f0a59bff5>) et accessible publiquement en lecture. Un accès plus large sera ouvert pour modifications et extensions dès que nous considérerons que la typologie est suffisamment stable. Dès à présent, la possibilité de faire des commentaires nous permettra de considérer les retours de la communauté.

**Limitations** – Enfin, il n'est sans doute pas inutile de préciser certaines limites de l'analyse de risques proposée en ces lignes. L'une d'elle résiderait dans une vision trop technophobe de notre démarche, alors que nous la considérons comme pouvant servir à l'évaluation des impacts aussi bien négatifs que bénéfiques d'une technologie. On

peut ainsi imaginer qu'un système présente une amélioration des conditions d'usage de manière générale, mais qu'une fonctionnalité particulière soulève des questionnements éthiques. Au final, nos remarques supportent une vision moins rigide de l'évaluation du risque, allant jusqu'à combiner niveaux d'analyse micro (fonctionnalités) et niveau d'analyse macro (évaluation holistique associant différents outils dans une situation donnée). Enfin, on notera que l'utilisation des technologies langagières n'a pas qu'un impact sur l'utilisateur, mais également sur d'autres personnes (on pense par exemple au soignant à domicile dont l'activité est susceptible d'être touchée par l'arrivée d'une prothèse numérique), voire sur la société dans son ensemble. Cette proposition de typologie est donc une contribution à la nécessaire mise en place d'une analyse éthique du risque dans le domaine du traitement automatique des langues, comme cela a déjà pu être le cas dans d'autres secteurs technologiques. Pour notre part, nous entendons poursuivre nos efforts dans cette direction.

#### Remerciements

Nous remercions Christian Toinard pour sa participation au RTR Risques et Adrien Granger pour ses réflexions sur la responsabilité des « chatbots ».

### 8. Bibliographie

- Adda G., Sagot B., Fort K., Mariani J. « Crowdsourcing for Language Resource Development: Critical Analysis of Amazon Mechanical Turk Overpowering Use », Proc. LTC'2011. Poznan, Poland. 2011.
- Antoine J-Y. « Prédiction de mots et saisie de requêtes sur interfaces limitées : dispositifs mobiles et aide au handicap », In. Bellot P. (Ed). Recherche d'information contextuelle, assistée et personnalisée. Hermès, Paris, p. 273-298, 2011.
- Antoine J.Y. Lefevre A., Allegre W. « Pour une réflexion éthique sur les conséquences de l'usage des NTIC: le cas des aides techniques (à composante langagière ou non) aux personnes handicapées ». Actes en ligne Journée ATALA « Ethique et TAL », 2014.
- Antoine J.Y. Labat M-E., Lefevre A., Toinard C. « Vers une méthode de maîtrise des risques dans l'informatisation de l'aide au handicap ». Actes Envirorisk'2014. Bourges, 2014.
- APA. « DSM-IV-TR, Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux », Elsevier Masson, Paris, 2003.
- Beck U. « La société du risque », Flammarion, Champs/essais, 2001, trad. Française de « Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne », Suhrkamp, 1986.
- Bensoussan A. « Faut-il des lois pour nous protéger des robots » ? L'Expansion. 04/04/15.
- Berleur J. Éthique et régulations dans la société de l'information, Ethique publique, 6(2), article n°2029, 2004. (<https://ethiquepublique.revues.org/2029>)
- Bertolini A., Palmerini E. « Regulating robotics : a challenge for Europe », Proc.

- Workshop « Upcoming issues of EU law » for the IURI Committee, p. 94-129, 2014.
- Calvère D.J. « Imagining a non-biological machine as a legal person ». *AI & Society*, 22(4), p. 523-327, 2008.
- CERNA. « Ethique de la recherche en robotique ». Rapport n°1 de la CERNA – ALLISTENE . Section VI : l'imitation du vivant et l'interaction affective et sociale avec les humains, 2014.
- Colas-Benayoun M.D., Fidele G., Favre J.D. « De la défiguration à la transfiguration : la greffe d'un visage est-elle la solution ? », *Annales Médico-Psychologiques*, 16(8), p. 687-691, 2006.
- Couillaud A., Fort K. « Charte éthique et big data : parce que mon corpus le vaut bien ! » Actes colloque Linguistique, Langue et Parole : statuts, usages et mésusages. Strasbourg, 2013.
- Enguehard C., Mangeor M. « Favorisons la diversité linguistique en TAL ». Actes en ligne journée d'étude ATALA « Ethique et TAL », 2014.
- Fisher M., Goddu M. K., Keil F. C. « Searching for Explanations: How the Internet Inflates Estimates of Internal Knowledge ». *Journal of Experimental Psychology: General.*, 144(3), p. 674-687, 2015. (<http://dx.doi.org/10.1037/xge0000070>).
- Guillaume B., Fort K., Lefebvre N. « Crowdsourcing Complex Language Resources: Playing to Annotate Dependency Syntax ». *Proceedings of the International Conference on Computational Linguistics (COLING)*, Osaka, Japon, 2016.
- Ganascia J.G. « L'initiative Onlife de la commission européenne. Audition auprès de la CERNA-ALLISTENE, 18 mars 2013 », 2013. Consulté le 28/03/2016 sur : [http://cerna-ethics-allistene.org/digitalAssets/31/31320\\\_Onlife.pdf](http://cerna-ethics-allistene.org/digitalAssets/31/31320\_Onlife.pdf)
- Gollac M., Volkoff S. « Citius, altius, fortius : L'intensification du travail ». Actes de la recherche en sciences sociales. Vol. 114, p. 54-67. Les nouvelles formes de domination dans le travail, 1996.
- Govaere V. « La préparation de commandes en logistique. Mutations technologiques et évolution des risques professionnels », ND 2302, INRS, Hygiène et Sécurité du travail, p 3-13, 2009.
- INRS. « Fiche pratique de sécurité ED 135. Préparation de commande guidée par reconnaissance vocale », 2009.
- ISO. « ISO Guide 73:2009(fr): management du risque : vocabulaire », 2009. Consulté le 20/03/2016 sur <https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:44651:fr>
- Jarrige F. « Technocritiques : du refus des machines à la contestation des technosciences ». Ch. 11. La Découverte, 2014.
- Jonas H. « Le principe responsabilité », Le Cerf, Paris, 1990.
- Kaplan F. « Linguistic Capitalism and Algorithmic Mediation », *Representations*, 127 (1), p. 57-63, 2014.
- Kleinpeter E. (Dir), « L'humain augmenté », CNRS Editions, coll. 2013.
- Lafourcade M., Lebrun A. « Ethique et construction collaborative de données lexicales par des GWAPs (quelques leçons tirées de l'expérience JeuxDeMots) ». Actes en ligne journée d'étude « Ethique et TAL » de l'ATALA. Paris, 2014.
- Le Monde. « Des robots au « Monde » pendant les élections départementales? Oui... et non », Le Monde, 2015. Consulté le 28/03/16 sur <http://makingof.blog.lemonde.fr/2015/03/23/>

- des-robots-au-monde-pendant-les-elections-departementales-oui-et-non/  
 Longcamp A. « Etude comportementale et neuro-fonctionnelle des interactions perceptivo-motrices dans la perception visuelle de lettres. Notre manière d'écrire influence-t-elle notre manière de lire ? » Thèse Université Aix-Marseille II, 2003.
- Mariani J. « Pour une éthique de la Recherche en Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication », 2013. Consulté le 30/03/2015 sur [http://www.lina.univ-nantes.fr/IMG/pdf/COMETS\\_Mariani.pdf](http://www.lina.univ-nantes.fr/IMG/pdf/COMETS_Mariani.pdf)
- OMS. « Classification statistique internationale des maladies et des problèmes de santé connexes ». Organisation Mondiale de la Santé. Ch. 5 : troubles mentaux et du comportement, 2006.
- OMS. « Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé. Organisation Mondiale de la Santé. Chapitre 1 : fonctions mentales », 2001. Consulté le 28/03/2016 sur <http://apps.who.int/classifications/icfbrowser/>
- Pagalou U. « The human master, with a modern slave? Some remarks on robots ethics, and the law ». Proceedings Ethicomp'2010, Rovira i Virgili University, Espagne, 2010.
- Paveau M.-A. « L'alternative quantitatif/qualitatif à l'épreuve des univers discursifs numériques », Corela, HS-15, 2014. Consulté le 28/03/2016 sur <http://corela.revues.org/3598>
- Rawls J. « Théorie de la justice ». Le Seuil, Paris, 1987, Harvard, HUP, 1971.
- ROBOLAW Project. « D6.2 Guidelines for Regulating Robotics », 2014, consulté le 20/03/2016 sur <http://www.robolaw.eu/>.
- Spanulo A. Les logiciels d'aide à l'écriture pour des enfants dyslexiques-dysorthographiques. Mémoire évaluation de la pratique professionnelle et de la recherche. Institut de Formation en Ergothérapie. CHU Bordeaux, 2016.
- Sparrow B., Liu J., Wegner D.M. « Google effects on memory: cognitive consequences of having information at our fingertips », Science, 333, p. 776-778, 2011.
- Statamatos E. « A survey of modern authorship attribution methods ». Journal of the American Society for Information Science and Technology, 60(3), p. 538-556, 2009.
- Triffaux J.M., Maurette J.L., Dozot J.P., Bertrand J. « Troubles psychiques liés aux greffes d'organes ». Editions Scientifiques et Médicales. Elsevier SAS, 2002, Post-print éditeur consulté le 28/03/2016 sur <http://hdl.handle.net/2268/80452>
- UNION EUROPEENNE. « Ligne directrice concernant la définition d'un risque potentiel grave pour la santé humaine ou animale ou pour l'environnement dans le cadre de l'article 33, paragraphes 1 et 2, de la directive 2001/82/CE ». Journal officiel de l'Union Européenne, 2006, C133/6. 8.6.2006.
- Wandmacher T., Antoine J-Y., Departe J-P., Poirier F. « *Sibylle*, an assistive communication system adapting to the context and its user ». ACM Transactions on Accessible Computing, 1(1). p. 1-30, 2008.