



STAGE DE MASTER 2 RECHERCHE EN INFORMATIQUE

Simulation de l'impact du stress sur la communication

Auteur :
Lauriane HUGUET

Maître de stage :
Nicolas SABOURET
Domitile LOURDEAUX

Organisme d'accueil :
Laboratoire LIMSI - CNRS

- Secrétariat -
alexandre.verrecchia@u-psud.fr
09 mars – 08 septembre 2015

Table des matières

Table des matières	i
1 Introduction	1
1.1 Définition des compétences non-techniques	1
1.2 Communication	2
1.3 Le stress	2
1.4 Objectif du stage	3
2 État de l'art	4
2.1 Des modèles de communication	4
2.2 Les erreurs de communication	6
2.3 Conclusion	8
3 Le Modèle	9
3.1 Des exemples d'erreurs que l'on veut reproduire	9
3.2 Notre proposition de modèle	10
3.3 Les performatifs retenus	11
3.4 Objectif du modèle	12
3.5 Les fonctions nécessaires	12
4 Évaluation du modèle	17
4.1 Les courbes d'étude de sensibilité	17
4.2 La génération de signification alternative - questionnaire	20
5 Conclusion et perspectives	23
5.1 Discussion	23
5.2 Perspectives	23
Bibliographie	26

Résumé

Dans le contexte de la formation de leaders d'équipe médicale aux compétences de communication et de gestion du stress, nous présentons un modèle de communication qui permet de reproduire des erreurs au sein d'une équipe d'agents virtuels en interaction avec l'apprenant. Ce modèle est basé d'une part sur les travaux du domaine en Systèmes Multi-Agents et en théorie de l'information, et d'autre part sur un corpus de dialogues collectés sur le terrain lors de séances de formation "*in situ*". Notre modèle permet de simuler une prise de décision par les agents en terme d'acceptation de messages mal formés ou détériorés par l'environnement, en fonction du stress des agents. Nous avons fait une étude de paramètres pour vérifier le comportement du modèle. À plus long terme, notre modèle doit permettre de générer des erreurs sémantiques. Pour étudier ce phénomène, nous présentons une étude préliminaire qui montre les différences de compréhension d'un même message.

Mots clefs

intelligence artificielle, environnement virtuel de formation, système multi-agents, communication, stress, travail d'équipe

Introduction

Les travaux présentés dans ce rapport s'inscrivent dans le cadre du projet ANR VICTEAMS (VIrtual Characters for team Training : Emotional, Adaptative, Motivated and Social). Ils ont été réalisés au cours d'un stage de Master 2 en Informatique, spécialité Information, Apprentissage et Cognition à l'Université Paris Sud. Le stage s'est déroulé au Limsi-CNRS en co-encadrement avec le laboratoire Heudiasyc de l'UTC.

Le projet VICTEAMS a pour but de créer un environnement virtuel d'entraînement des leaders d'équipes médicales pour améliorer leur *compétences non techniques* en situation critique. En effet, les personnels médicaux ont besoin, en plus de leur formation technique aux gestes médicaux, de savoir travailler en équipe. Lorsqu'une situation de crise survient, dans le cadre civil (accident de voiture, crash d'avion, etc.) ou militaire (zone de conflit armé), des équipes médicales sont appelées à intervenir.

Une équipe médicale est généralement constituée d'un médecin, d'un infirmier et d'un ou plusieurs auxiliaires sanitaires. Chaque équipe est dirigée par l'un de ses membres que l'on appelle alors leader médical. Il arrive aussi, lorsque la situation le demande, que plusieurs équipes soient amenées à travailler ensemble. Dans ce cas, l'un des chefs d'équipe devient le leader médical de la grosse équipe médicale ainsi formée. Mais quelle que soit la taille de l'équipe qu'il dirige, le leader médical doit développer ses compétences non-techniques pour assumer son rôle. Pour former les médecins aux compétences non-techniques indispensables pour mener à bien leur mission de leader médical, l'armée organise pour l'instant des stages de formation de grande ampleur. Ces stages de formation nécessitent de déplacer une centaine de personnes et de monopoliser énormément de matériel pour ne former qu'une ou deux personnes. Ils sont donc très coûteux et relativement difficiles à mettre en place. C'est pourquoi le projet VICTEAMS a pour but de compléter ces formations à taille réelle par un environnement virtuel qui permettrait de réduire le coût humain et matériel de la formation. De plus, l'environnement virtuel permet un rendu plus visuel des blessures et a pour but de reproduire plus fidèlement des comportements stressés qui sont difficile à simuler par des humains en environnement contrôlé tel que les stages de formation. Les utilisateurs finaux de cet environnement virtuel, et partenaires du projet, sont le Service de Santé des Armées et la Brigade des Sapeurs Pompiers de Paris.

Dans les travaux présentés ici, nous nous intéressons à la communication. Nous proposons un modèle de communication pour notre but d'entraînement de l'utilisateur aux compétences non-techniques. Après avoir défini les compétences non-techniques, nos objectifs pour une bonne communication d'équipe et le contexte de stress présent dans les scenarii considérés, nous ferons une revue de littérature sur laquelle s'appuie notre proposition de modèle que nous présenterons ensuite.

1.1 Définition des compétences non-techniques

Il existe plusieurs définitions des compétences non techniques [Bunk, , Flin et al., 2008]. La définition de Flin [Flin et al., 2008] fait aujourd'hui consensus. Les compétences non-techniques sont définies comme les compétences cognitives, sociales et les ressources personnelles qui complètent les compétences techniques d'une personne et contribuent à la sécurité et à une meilleure efficacité dans l'exécution de la tâche. Elles se décomposent en 7 domaines :

- | | |
|---------------------------------|--------------------------|
| 1. Connaissance de la situation | 5. Management du stress |
| 2. Prise de décision | 6. Gestion de la fatigue |
| 3. Travail d'équipe | 7. Communication |
| 4. Leadership | |

Il est important de former les leaders d'équipes médicales dans tous ces domaines de compétence afin d'améliorer l'efficacité du travail d'équipe et la sécurité des patients. Parmi ces éléments, la communication est un élément primordial pour le travail d'équipe [Nieve et al., 1978], c'est sur ce point que nous allons nous concentrer.

1.2 Communication

Il a été montré qu'une bonne communication fait la différence entre de bonnes et de mauvaises performances d'équipe [Driskell and Salas, 1992]. Mais qu'entend-t-on par "une bonne communication" ?

Une communication de qualité nécessite de la part des interlocuteurs les éléments suivants [Flin et al., 2008] :

1. Envoyer des informations claires et concises
2. Inclure le contexte et les intentions du locuteur durant l'échange
3. Une bonne qualité d'écoute pour recevoir l'information
4. Savoir identifier et gérer les problèmes de communication

Pour identifier et gérer certains problèmes de communication de manière simple, il est important de généraliser la présence d'un retour de l'auditeur au locuteur (feedback) [St Pierre et al., 2008]. Les feedbacks peuvent être de nature informative, corrective ou approbatrice [Flin et al., 2008]. L'envoi d'un feedback permet de confirmer la réception d'un message. De plus, les feedbacks correctifs ou approbatifs peuvent permettre, s'ils sont de qualité, de clarifier ou de vérifier la bonne compréhension du message.

Les compétences de communication sont des compétences façonnables, elles s'apprennent. Pour cela, nous voudrions *soumettre l'apprenant à des situations dans lesquelles il devra faire face à des erreurs de communication afin qu'il apprenne à veiller à la qualité de la transmission des informations au sein de son équipe*. À fortiori, il doit apprendre à bien formuler ses propres messages. Cet aspect est essentiel dans les compétences de leadership. Il est donc primordial d'y préparer notre apprenant afin qu'il assume pleinement sa tâche de médecin leader.

1.3 Le stress

Les situations critiques rencontrées dans les scénarios du projet sont des situations stressantes : il y a plus de blessés que le nombre qu'il est possible de traiter ; l'arrivée des secours aériens n'est pas toujours précisée, elle peut survenir dans la demi-heure comme dans la demi-journée suivante, il y a donc une incertitude sur le temps qu'il va falloir avant l'évacuation du patient. Dans ces situations, les conversations au sein de l'équipe se déroulent entre personnes plus ou moins stressées, selon l'avancement et le déroulement du scénario. Il faut donc définir la notion de stress.

Selon Lazarus et Folkman [Lazarus and Folkman, 1984], le stress psychologique est une relation particulière entre la personne et l'environnement qui est évaluée par la personne comme éprouvant ou excédant ses ressources et mettant en danger son bien-être. C'est-à-dire, que le stress apparaît lorsque l'on ne se sent plus apte à maîtriser une situation. Les facteurs de stress les plus courants sont la pression temporelle, l'incertitude de ce qui va se passer, un fort bruit qui empêche la

concentration et demande beaucoup de ressources pour passer outre, ou encore la gravité ou la violence des situations rencontrées.

Le médecin leader doit être capable de communiquer avec les membres de son équipe mais aussi avec le centre de coordination des opérations via des moyens de radio-communication et avec les personnels non médicaux présents sur le site. La communication doit donc être la plus complète et la plus précise possible pour éviter des incompréhensions qui pourraient avoir de graves conséquences. De plus, les situations stressantes sont propices aux erreurs plus fréquentes [Driskell and Salas, 2013]. C'est pourquoi il faut former les membres de l'équipe à automatiser les principes de bonne communication pour qu'en situation critique, avec l'inévitable dégradation de la qualité des communications, ils puissent tout de même communiquer de manière suffisamment efficace pour maximiser leur performance d'équipe.

1.4 Objectif du stage

L'objectif étant de former le leader à la compétence de communication en toute situation, y compris en situation de stress, nous devons proposer un modèle informatique de communication capable de générer des situations de communications erronées, au plus proche de celles auxquelles l'apprenant pourrait être confronté sur le terrain. Ce modèle devra être compatible avec les communications entre agents autonomes et celles entre les agents autonomes et l'apprenant.

À cette fin, nous présenterons tout d'abord des modèles de communications et des travaux sur les erreurs de communication, présents dans la littérature, sur lesquels nous baserons notre proposition de modèle. Suivra ensuite une présentation de notre modèle et de son implémentation, avant d'en donner certains éléments d'évaluation. Enfin, nous exposerons les limites de notre modèle et les perspectives d'amélioration qui seront étudiées dans le cadre d'une thèse "Modélisation de personnages virtuels autonomes et collectifs pour la formation d'équipes à des compétences non-techniques en situation critique" en collaboration entre l'UTC et l'UPSD.

État de l'art

Avant de proposer un modèle informatique de communication permettant de reproduire des erreurs de communication pour la formation des leaders médicaux dans le cadre du projet VICTEAMS, nous avons étudié des modèles existants de communication et des études sur les erreurs de communication. La revue de littérature qui suit n'a pas vocation à être exhaustive mais simplement à mettre en lumière des modèles qui présentent des éléments pertinents pour la construction de notre proposition.

2.1 Des modèles de communication

Lorsque des agents humains ou virtuels ont besoin de s'organiser ou d'interagir, la communication joue un rôle prépondérant [Leplat, 1991]. Pour créer un modèle de communication, il faut se poser les questions suivantes : qui communique ? quoi ? à qui ? quand ? comment ? et pourquoi ? [Flin et al., 2008]

Le modèle émetteur-canal-destinataire

Le modèle émetteur-canal-destinataire de Shannon et Weaver [Shannon and Weaver, 1945] est un modèle mathématique. C'est un modèle de communication unidirectionnel c'est-à-dire qu'il y a un émetteur et un destinataire avec un rôle défini, on ne parle pas ici d'interlocuteurs. Ce modèle considère que la communication est un simple envoi de données à travers un canal (environnement) après avoir été encodées au bon format, c'est-à-dire sous la forme d'ondes vocales.

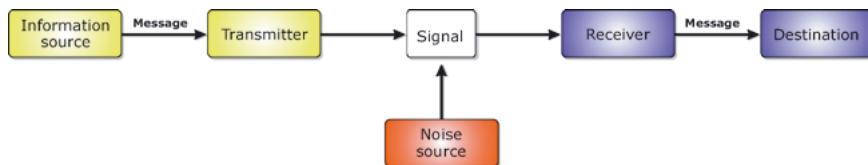


Figure 2.1: Schéma extrait de [St Pierre et al., 2008] - Illustration du modèle de Shannon

L'émetteur, doté d'une intention communicative la formule, en un message locatoire envoyé à l'auditeur par le biais d'un canal de transmission comme l'air ou le téléphone par exemple. Ce canal peut être bruité, et donc altérer le message. À l'arrivée, l'auditeur doit encore décoder le message reçu pour en obtenir le sens.

Le message est donc traité trois fois entre l'idée que se fait le locuteur et la compréhension qu'en obtient l'auditeur : à l'encodage, à la transmission et au décodage.

Nous retenons de ce modèle que l'environnement peut altérer le message et que l'auditeur applique sa propre méthode de décodage sur le message, potentiellement altéré, qu'il reçoit. On voit déjà apparaître, à travers ce modèle des sources de mauvaise compréhension qu'elles soient externes via l'action du canal de transmission ou internes via un encodage ou un décodage non adapté ou défaillant du message.

Théorie des actes de langage

Définition

J.L. Austin [Austin, 1962] et Searle [Searle, 1969] considèrent la communication non plus comme simple transfert d'information d'un être à un autre mais comme une action avec un but et des conséquences. C'est ce que l'on appelle la communication performative, par opposition à la communication déclarative. Dans ce cas, l'action de communication sert notamment à transformer l'état mental de l'auditeur. Il existe trois types d'actes de langage :

Les actes locutoires. Ce sont les actes qui se rapportent à la formulation d'un énoncé. Ils sont satisfaits lorsque l'énoncé est correctement formulé, indépendamment du sens qu'il véhicule.

Les actes illocutoires. Ce sont les actes que l'on accomplit à cause de la signification du message. Par exemple poser une question, ordonner, etc.

Les actes perlocutoires. Ces actes correspondent aux conséquences indirectes du message formulé.

Par exemple si je dis à ma colocataire que j'ai besoin de voir mes parents ce week-end : l'acte locutoire pourra être "J'ai besoin de voir mes parents ce week-end" ou encore "Ce week-end, je rentre voir mes parents, j'en ai besoin" ; l'acte illocutoire est d'informer que je vais voir mes parents ce week-end ; l'acte perlocutoire de ce message pourra être qu'on me propose une voiture pour m'emmener à la gare ou pour rentrer chez mes parents, qu'on me propose du réconfort car cela peut-être la raison pour laquelle je veux voir mes parents ou simplement qu'on prend en compte le fait que je ne serai pas là ce week-end. L'acte perlocutoire est ce que l'auditeur comprend, infère à partir du message que je lui transmets.

Il est intéressant de voir que la réaction de l'auditeur relève de l'acte perlocutoire. Lorsque l'acte illocutoire (celui qui correspond à l'intention de communication) correspond à l'acte perlocutoire (conséquence du message sur l'auditeur) alors il n'y a pas de problème de communication.

Notre modèle devra donc faire en sorte que l'acte perlocutoire puisse ne pas être congruent avec l'acte illocutoire transmis.

Le modèle informatique des actes de langage

En informatique, notamment avec l'utilisation de la norme FIPA [Fipa, 1997], les messages sont souvent représentés sous la forme d'un couple (performatif, contenu). Par exemple Informer (état patient) pour informer de l'état du patient. Le performatif correspondant à l'acte illocutoire (Informer, Ordonner, Interroger, etc.), le contenu se rapporte à ce sur quoi porte l'énoncé.

Les performatifs sont regroupés en grandes catégories, puis on définit leur sémantique pour savoir quel est l'effet attendu par l'envoi d'un message avec ce performatif sur l'auditeur. Ensuite, à la réception du message, les agents partageant cette sémantique, l'effet produit sur l'auditeur est l'effet attendu par le locuteur. En d'autres termes, l'acte perlocutoire correspond systématiquement à l'acte illocutoire. C'est ce qui permet de s'assurer que les communications sont fiables dans un système multi-agents.

Pour notre modèle, à l'inverse, nous voulons justement permettre cet écart entre l'illlocutoire et le perlocutoire pour créer des réponses de la part des auditeurs qui ne correspondent pas à l'attendu du locuteur. Pour cela nous nous intéressons maintenant au modèle carré [Schulz von Thun, 1981] ci-après.

Le modèle carré

Le modèle carré de Schultz von thun [Schulz von Thun, 1981], présenté dans le livre de Saint Pierre et al. [St Pierre et al., 2008], repose sur le principe que tout message comporte 4 aspects :

Contenu : information à propos de fait, objets ou événement

Révélation de soi : information à propos du locuteur, volontairement ou non

Relation à l'autre : information à propos de la relation entre le locuteur et l'auditeur, comment le locuteur perçoit ou considère son auditeur

Appel à agir : information à propos d'un appel à agir. Ce que, implicitement ou non, le locuteur demande à son audience de faire, de ne pas faire ou d'arrêter de faire.

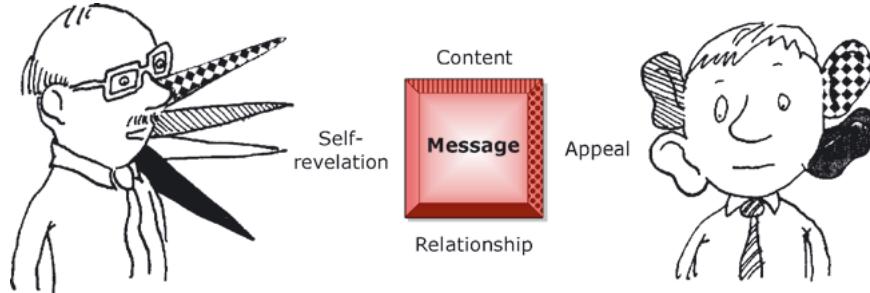


Figure 2.2: Schéma extrait de [St Pierre et al., 2008] - Illustration du modèle carré

De manière imagée (figure 2.2), ce modèle nous dit que nous parlons avec 4 bouches et 4 oreilles que nous ouvrons plus ou moins selon nos plus ou moins conscientes intentions. La dimension mise en avant par le locuteur est déterminée par ses pensées, ses intentions et ses capacités de communication. En retour, l'auditeur sera plus attentif à l'un des aspects en fonction de son état mental, de ses attentes, de son anxiété et des précédents échanges qu'il a pu avoir avec le locuteur. Le locuteur n'a aucun moyen d'influencer l'auditeur sur l'aspect du message auquel il doit faire attention.

Ce modèle nous fournit une solution au problème précédent où nos messages ne produisaient pas d'erreur car on avait automatiquement un acte illocutoire égal à l'acte perlocutoire. En effet, ce modèle nous dit qu'en envoyant un message, on envoie en fait plusieurs messages pouvant être assimilés à des actes perlocutoires possibles et dont l'un correspond à l'acte illocutoire (composante à laquelle s'attache le locuteur). Ainsi, si l'auditeur écoute un acte perlocutoire qui ne correspond pas à l'illocutoire, il ne réagira pas de la manière attendue par le locuteur. Il se produit une erreur de communication comme nous allons le voir dans la section suivante.

2.2 Les erreurs de communication

Notre modèle a pour objectif de former des leaders médicaux à la compétence non-technique de communication en les confrontant à des erreurs de communication, qu'ils sont susceptibles de rencontrer sur le terrain entre membres de leur équipe (entre agents autonomes) ou entre eux et un membre de leur équipe (entre agent autonome et apprenant). Il nous faut donc étudier les erreurs de communication afin de savoir quels types d'erreurs nous allons intégrer à notre modèle.

La communication dans un cadre général

Reason [Reason, 1997] définit trois types de problèmes liés à la communication :

- problème lié au système de communication : les canaux de communication sont interrompus (bruit, occlusion, panne matérielle pour la communication médiée) ;

- problème de contenu du message : les canaux de communication sont existants et fonctionnels mais l'information transmise n'est pas la bonne ;
- problème de réception : mauvaise interprétation, message arrivé trop tard.

On retrouve parmi ces 3 types de problèmes, les erreurs liées au canal de transmission qui avaient déjà été mentionnées dans le modèle de [Shannon and Weaver, 1945] et que nous souhaitons reproduire.

Dans le modèle carré [Schulz von Thun, 1981, St Pierre et al., 2008], décrit ci-dessus les erreurs de communication surviennent lorsque le locuteur et l'auditeur ne se concentrent pas sur le même aspect de la communication. C'est-à-dire qu'il y a un problème de réception au sens de Reason [Reason, 1997] car l'interprétation qui est faite par l'auditeur n'est pas celle qu'attendait le locuteur. C'est-à-dire qu'une incompréhension se produit lorsque l'auditeur réagit d'une manière différente de ce à quoi s'attendait le locuteur.

St Pierre et al., dans le chapitre 12 de [St Pierre et al., 2008], reprennent l'idée qu'une incompréhension survient lorsque la réaction de l'auditeur ne correspond pas à l'attendu du locuteur mais ils proposent aussi d'autres explications telles qu'une mauvaise prononciation du locuteur et l'utilisation de sigles ou d'acronymes, de phrases incomplètes ou de formulations ambiguës. Par ailleurs, ils proposent aussi plusieurs signes permettant de détecter une mauvaise communication au sein de l'équipe, décrits ci-après.

Audience non définie. Par exemple, en situation de crise, il faut toujours s'adresser à quelqu'un, ne pas donner un ordre en disant "il faut que quelqu'un fasse ça" mais désigner les responsables pour chaque tâche à effectuer.

Articulation. Mauvaise articulation de la part du locuteur.

Surplus d'information. Si on donne trop d'informations à la fois, c'est l'auditeur qui devra faire le tri en fonction de son expertise et de son expérience personnelle, ce qui ne correspond que très rarement à ce qu'avait en tête le locuteur. De plus, l'auditeur peut mélanger des informations.

Manque de communication. Visible par un abandon des explications, pas de réponse aux questions des autres, questions fermées, réponses monosyllabiques, longues périodes de silence, pas de mise à jour des informations.

Changement de style de communication. Apparition de communication dite passive-agressive en cas de conflit.

Mauvaise écoute. Elle est visible par interruption du locuteur, changement de sujet, remise en question de ce qui est dit par principe plutôt que par réel besoin, disputes, refus de tout en bloc par susceptibilité (sentiments, fierté...), refus de laisser le locuteur s'exprimer car son opinion n'est pas considérée comme valable.

Il nous semble difficile à l'heure actuelle de reproduire des erreurs liées à une mauvaise articulation du locuteur car il nous faudrait des informations phonétiques dont on ne dispose pas. De même, nous mettons de côté les changements de style de communication qui demanderaient une étude des émotions plus fine que le niveau de stress que nous considérons.

Les autres erreurs seront possibles dans notre modèle. Cependant le surplus d'information, le manque de communication et la mauvaise écoute relèvent plus de la décision de communication que du modèle de communication, ces erreurs ne seront donc pas au cœur de notre travail de stage.

La communication en milieu médical

Dans le milieu hospitalier, la communication est un sujet de recherche fréquent car les mauvaises communications sont souvent accusées de causer des erreurs médicales et de porter ainsi préjudices aux patients. Lingard et al. [Lingard et al., 2004] étudient donc le sujet et proposent une classification

des erreurs de communication en bloc opératoire. Ils se basent sur 90h d'observation (48 opérations chirurgicales) au cours desquelles ils ont recueilli 421 actes de communication. À partir de ces 421 actes de communication, ils extraient les 129 considérés comme des communications erronées qu'ils regroupent selon quatre types d'erreurs.

Occasion : Erreur concernant la situation ou le contexte de la communication erronée.

Contenu : insuffisance ou inexactitude de l'information transmise.

But : événement de communication où le but n'est pas clair, pas atteint ou inapproprié.

Auditoire : Manque dans la constitution du groupe participant à la discussion.

Halverson *et al.* [Halverson et al., 2011] adoptent une classification similaire en y ajoutant deux catégories : l'omission et les communications inappropriées (par exemples remarques offensives). Ils comparent ensuite les erreurs de communication avant et après une session d'entraînement d'équipe et ont pu montrer une diminution du taux d'erreur de communication après la session d'entraînement.

Ici encore, la plupart des erreurs de communication présentées sont des erreurs de décision de communication et non de communication en elle-même. Seules les erreurs de contenu seront intégrées à notre modèle dans un premier temps mais les autres types d'erreur seront ensuite possibles après un travail sur la décision de communication.

2.3 Conclusion

Le tableau suivant résume ce que nous retenons des modèles de communication que nous venons de présenter.

Modèle	ce que l'on garde	ce qu'on rejette
Émetteur-Canal-Destinataire [Shannon and Weaver, 1945]	L'environnement peut altérer le message	Le fait que la communication soit considérée comme simple transfert d'informations
Modèle Carré [Schulz von Thun, 1981]	Un message contient plusieurs significations autres que l'intention consciente du locuteur	Les 4 aspects prédéfinis d'un message
Actes de langage [Austin, 1962, Searle, 1969]	La vision performative de la communication ; le fait que le locutoire est différent du perlocutoire	L'implémentation informatique existante où illocutoire = perlocutoire

Nous proposons donc que dans notre modèle, un message comporte plusieurs couples (performatif, contenu). Lors du passage du message dans l'environnement, celui peut-être altéré et, à son arrivée, l'auditeur choisira un des couples (performatif, contenu) comme message à considérer.

Cela nous permet de simuler les erreurs liées à une défaillance du canal de transmission ([Reason, 1997]) causant entre autre des erreurs de contenu, et celles liées à une interprétation du message par l'auditeur différente de celle attendue par le locuteur ([St Pierre et al., 2008, Schulz von Thun, 1981]). Nous simulerons aussi des erreurs liées au contenu du message ([Reason, 1997]) qui surviendraient lors des étapes de codage ou de décodage du message ([Shannon and Weaver, 1945]), par exemple l'utilisation d'un mot pour un autre.

Le Modèle

En plus de la revue de littérature, nous avons été invités à assister à une formation à l'École du Val de Grâce (EVDG) qui nous a permis d'obtenir des exemples d'erreurs réelles. Notre modèle est donc construit non seulement à partir des informations théoriques fournies par la littérature mais aussi à partir d'éléments empiriques grâce aux relevés effectués auprès de nos partenaires secouristes.

Nous commencerons par exposer des exemples de communications ambiguës que nous avons repérés lors de la formation à l'EVDG. Nous présenterons ensuite notre modèle de communication, les performatifs que nous avons choisi d'utiliser pour former nos messages et les différentes fonctions utilisées.

3.1 Des exemples d'erreurs que l'on veut reproduire

Lors de la formation à l'EVDG à laquelle nous étions présents, nous avons pu filmer les scénarii proposés aux militaires et enregistrer les communications. Les communications étaient enregistrées à l'aide d'un micro placé sur le militaire jouant le rôle de leader médical, et nous les avons ensuite retranscrites manuellement.

À l'issue de cette formation, nous avons pu discuter avec les formateurs pour bénéficier de leur expérience en matière d'erreur de communication au sein des équipes médicales, aussi bien en tant que formateur qu'en tant qu'acteur de terrain expérimenté.

On se rend alors compte qu'il y a beaucoup d'ambiguïté dans les paroles prononcées. Les partenaires de dialogue arrivent très souvent à se comprendre malgré l'ambiguïté des messages mais lorsque ce n'est pas le cas, des erreurs se produisent. Pour rendre compte des situations observées sur le terrain, nous aimerais retranscrire cette ambiguïté en autorisant des messages incomplets.

1. L'ambiguïté la plus courante est le destinataire non spécifié. Le médecin demande "faites-lui une injection de 2cc de morphine" tout en regardant son patient. Il est pourtant clair qu'il ne s'adresse pas au patient mais à son infirmier. La tâche devient plus complexe lorsqu'il y a deux infirmiers susceptibles de réaliser l'action.
2. Une ambiguïté plus gênante est d'avoir un contenu de message incomplet. Par exemple, le médecin pense à une injection de 2cc de morphine mais dit "Faites-lui une injection de 2cc". Ici, le risque est que l'infirmier fasse une injection de 2cc du produit qu'il a en main car il risque d'inférer que le médecin avait vu le produit qu'il tenait et lui parlait de ça.
3. Parfois, une question peut-être prise pour une affirmation ou inversement. La différence entre "garrot efficace ?" et "garrot efficace" pouvant être très faible lors de la prononciation et ce sont généralement les éléments de contexte qui permettent à un humain de faire la différence.
4. Lorsque l'on veut interroger quelqu'un on peut l'interroger très précisément par son grade, son nom, sa fonction, etc. mais on peut aussi l'interroger en disant "Hep ! Toi-là !" ou "Infirmier !" et dans ce cas, d'autres personnes peuvent se reconnaître comme destinataires de l'appel ; inversement la personne visée peut ne pas se sentir concernée car l'appel est trop vague.

Par ailleurs, nous voulons aussi reproduire les altérations liées à l'environnement, à une rupture d'un canal de communication (auditif ou visuel). Pour cela, nous proposons le modèle de communication présenté dans la section suivante.

3.2 Notre proposition de modèle

Lorsqu'un agent décide de communiquer, il choisit alors un acte illocutoire sous la forme d'un couple (performatif, contenu). Cet acte est ensuite complété par d'autres couples (performatif, contenu), symbolisant les actes perlocutoires possibles, pour créer un message M . Ce message est alors envoyé dans l'environnement qui détermine quels agents vont le recevoir, et avec quel degré de dégradation suivant le canal de transmission ou la modalité utilisée. Les auditeurs reçoivent alors un message M' plus ou moins altéré et décident s'ils l'ignorent ou s'ils le traitent. S'ils décident de le traiter, il leur faut ensuite choisir un acte perlocutoire, c'est-à-dire l'une des significations contenues dans le message M' , et agir en fonction. Le fonctionnement de notre modèle est illustré par la figure 3.1 ci-après.

Schéma du modèle

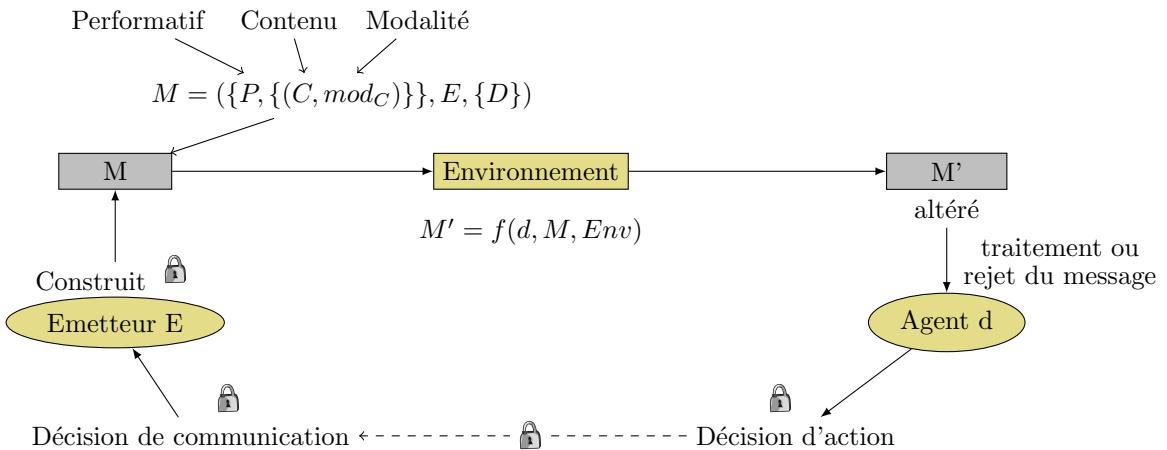


Figure 3.1: Schéma récapitulatif du modèle

Dans notre modèle de communication, un message M est donc constitué d'un ensemble de significations S , d'un émetteur E , et d'un ensemble de destinataires D .

$$M = (\{\text{Significations}\}, E, \{D\})$$

Une signification S correspond à un acte perlocutoire. Elle est constituée d'un performatif et d'un ensemble de couples (contenu, modalité).

$$S = (P, \{\text{contenu, modalité}\})$$

Associer une modalité à chaque contenu permet une altération différente en fonction du canal de transmission utilisé. Si les contenus présents dans un message passent par deux canaux de transmissions différents, on aura la possibilité, dans le cas où un seul canal de transmissions est rompu, de ne supprimer du message que les contenus passant par ce canal. Par exemple, si deux secouristes se voient mais utilisent une radio pour se parler et que cette dernière tombe en panne au

milieu du message, on pourra transmettre uniquement les gestes faits par les secouristes et non les paroles qui ne sont plus en mesure de passer par le canal de transmission que constituait la radio.

Lorsque l'émetteur décide d'envoyer un message, il est créé avec une ou plusieurs autres significations possibles, puis il est transmis à l'environnement qui l'altère avant de le remettre aux personnes susceptibles de le percevoir.

Les personnes susceptibles de percevoir un message sont celles vérifiant les conditions de transmission pour les modalités envisagées. Pour chaque agent d existant, l'environnement détermine si cet agent peut recevoir le message M envoyé par l'émetteur en fonction des modalités utilisées et de l'état des canaux de transmission pour chaque modalité $\{etat_{mod}\}$.

$$f(d, M, \{etat_{mod}\}) = M'$$

Par exemple si la modalité est visuelle, le message sera transmis aux personnes positionnées au bon endroit et regardant dans la bonne direction ; si la modalité est vocale, le message sera transmis aux agents suffisamment proches et qui n'ont pas de bruit parasite dans les oreilles.

Les agents qui reçoivent le message ne sont donc pas forcément dans la liste des destinataires du message, car l'environnement envoie un message, plus ou moins altéré, à tous les agents qui satisfont aux conditions de transmission d'au moins une des modalités utilisées. Cela permet de reproduire le phénomène d'overhearing dont la définition, d'après le dictionnaire Merriam webster, est la suivante :

définition. Hearing without the speaker's knowledge or intention

traduction. Entendre sans que le locuteur le sache ou ait l'intention qu'on l'entende

Ce terme est traduit par écoute flottante en français. Ce phénomène permet aux agents de répondre à une question qui ne leur est pas destinée mais dont ils pensent connaître la réponse ou d'inférer des choses sur les conversations entre leurs collègues car ils en ont ainsi connaissance, ce qui ne serait pas le cas si le message n'était transmis qu'aux destinataires intentionnels.

L'émetteur et le destinataire sont des agents. Un agent dispose d'un nom et d'une fonction permettant de l'interroger, il est positionné dans l'environnement virtuel et on connaît aussi la direction dans laquelle il regarde, son seuil de stress supporté et son niveau de stress actuel.

$$\text{Agent} = < \text{Nom}, \text{fonction}, \text{position}, \text{orientation}, \text{seuil_stress}, \text{stress} >$$

Ces éléments sont imposés par le modèle. Le positionnement et la direction dans laquelle un agent est tourné permettent d'évaluer les conditions de satisfaction pour les modalités visuelle et auditive. Son niveau et son seuil de stress permettent de calculer sa réaction face à l'arrivée d'un message. Nous verrons plus précisément l'utilisation de ces éléments dans la section 3.5.

3.3 Les performatifs retenus

À partir des enregistrements des communications lors des formations à l'EVG, les parties audibles ont été retranscrites. Cela nous a permis d'extraire les actes de langage les plus fréquents pour choisir les performatifs à utiliser :

Performatif	Utilisation
Informer-fait	transmettre une information factuelle sur le monde, l'état du monde, les croyances d'un agent
Informer-action	transmettre l'état d'une action, si elle a été accomplie, avec succès ou non ou si elle est en cours ou reste à faire
Demander-si	poser une question fermée (qui attend une confirmation ou une infirmation)
Demander-fait	poser une question sur l'état du monde ou d'un patient
Demander-action	demande l'état d'une action
Ordonner	donner un ordre
Interdire	interdire l'exécution d'une action
Confirmer	répondre à un Demander-si pour confirmer
Réfuter	répondre à un Demander-si pour infirmer
Interpeller	attirer l'attention d'un agent
Motiver	encourager quelqu'un
Reprocher	reprocher une action à quelqu'un

Nous avons restreint notre liste de performatifs aux douze présents dans le tableau ci-dessus. Il faudra ensuite, quand nous traiterons la partie décisionnelle, établir les protocoles de communication pour chacun de ces performatifs.

3.4 Objectif du modèle

L'objectif du stage est de proposer le modèle de communication en tant que tel. Nous avons donc traité les parties d'altération du message par l'environnement et d'attention portée au message (est-ce qu'on ignore le message, est-ce qu'on le fait répéter ou est-ce qu'on le traite ?).

Les étapes liées à la décision de communication, à savoir quoi communiquer, quand communiquer et quoi décider de faire à la suite d'un message reçu sont présentes sur le schéma pour aider à la compréhension du lecteur mais ne sont pas traitées par la suite.

3.5 Les fonctions nécessaires

Pour la fonction d'altération du message par l'environnement, nous avons utilisé une fonction **percu**. Une fois le message dégradé, on est en mesure de calculer un taux de dégradation pour ce message à l'aide de la fonction **niveau_degradation**. Enfin, pour la partie d'attention, nous avons établi une fonction **decision1** qui utilise les deux premières fonctions. Ces trois fonctions sont détaillées dans les paragraphes suivants et leur emploi est illustré sur le schéma ci-après.

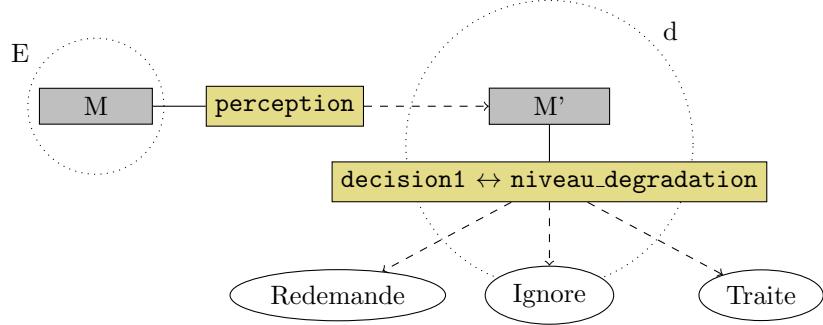


Figure 3.2: Les fonctions présentées

La fonction de décision - quand faire répéter ?

La fonction de décision `decision1`, présentée ci-après 1, indique en fonction du message reçu et de son état de stress, si l'agent ignore le message qu'il reçoit, s'il demande au locuteur de répéter ou s'il décide d'agir en fonction de ce qu'il peut inférer.

Algorithme 1 `decision1(agent.stress, agent.seuil_stress, msg)`

```

si stress > seuil ET rand() < α alors
    retourner "ignore"
sinon
    msg' = percu(msg, agent)
    degradation = niveau_degradation(msg')
    r = redemande(stress, degradation)
    p' = rand()
    si p' < r alors
        retourner "redemande"
    sinon
        retourner "infère"
    finsi
finsi

```

En s'appuyant sur une revue de littérature en sciences humaines, il apparaît que plus l'on est stressé plus l'attention se focalise [Easterbrook, 1959]. On a donc fait le choix suivant : si le niveau de stress de l'agent est supérieur à un seuil interne à l'agent alors il y a une probabilité de α qu'il ignore le message reçu. Nous avons arbitrairement décidé de choisir $\alpha = 0.9$.

La fonction `redemande` 3.3, est fondée sur le fait que plus les agents sont stressés plus ils sont enclins à faire des erreurs [Driskell and Salas, 2013]. Nous avons donc pris le parti d'avoir une probabilité faible de faire répéter un message qui le nécessiterait et inversement de faire assez souvent répéter les messages moins détériorés pour faire ressortir le côté stressé de nos agents. Pour avoir une fonction avec cette allure, nous avons fait le choix d'utiliser une fonction polynomiale en stress et dégradation, puis nous avons fait varier les coefficients jusqu'à obtenir l'allure recherchée. L'équation obtenue est

$$\text{redemande}(s, d) = 0.625s^2 - 1.55sd + 0.125s + 0.95d + 0.04,$$

où s est le stress et d la dégradation.

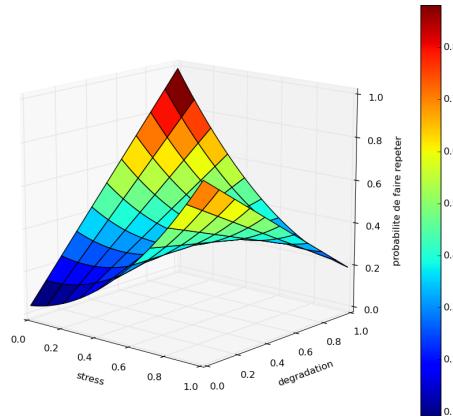


Figure 3.3: Allure de la courbe de la fonction `redemande(stress, dégradation)`

On note que la fonction `redemande` prend en paramètre le taux de dégradation du message et le niveau de stress de l'agent. Contrairement au niveau de stress de l'agent, qui est pour nous un paramètre accessible, le niveau de dégradation du message est une variable calculée après altération du message à l'aide des fonctions présentées ci-après.

La fonction de perception du message - altération par l'environnement

Un message est envoyé avec des modalités différentes. Par exemple, si le secouriste dit à son collègue "Passe-moi le ... [geste désignant la trousse de secours]", le message est complet, il a une première partie verbale et une seconde partie visuelle. Cependant, si le collègue est en train de regarder le patient, il ne verra peut-être pas la partie visuelle du message et recevra donc "Passe-moi le" qui est un message incomplet.

Il s'agit donc de supprimer les parties de message que l'agent destinataire n'a pas pu percevoir. Pour cela, nous disposons d'une fonction `percu(msg, agent)`, qui renvoie un message correspondant au message `msg` perçu par l'agent après passage dans l'environnement.

Algorithme 2 `percu(msg, agent)`

```

pour signification ∈ msg.significations faire
    pour (contenu, modalite) ∈ signification faire
        si canal_rompu(msg.emetteur, agent, modalite) alors
            Remplacer contenu par X
        finsi
    fin pour
fin pour

```

La fonction `canal_rompu` prend en entrée deux agents et une modalité et renvoie `True` si le canal véhiculant la modalité entre les deux agents est rompu.

Nous disposons actuellement de deux modalités, la modalité verbale et la modalité gestuelle.

La modalité visuelle

Les parties gestuelles d'un message sont perceptibles par les agents tournés dans la bonne direction et situés devant le locuteur. Grâce à la connaissance du positionnement dans l'espace et

de la direction dans laquelle regarde l'agent, on peut calculer la distance entre deux agents et savoir s'ils se regardent :

$$\text{canal_rompu}(A1, A2, \text{geste}) = \cos(\overrightarrow{A1A2}, A2.\text{direction}) \leq \delta \vee \text{occlusion_entre}(A1, A2).$$

Le paramètre δ correspond à l'ouverture du champ visuel de l'agent A2. En première approximation, nous avons choisi $\delta = 0$ ce qui correspond à un champ de vision à 180 degrés. Ce paramètre pourra être modifié ultérieurement et on peut même imaginer d'en faire une différence interpersonnelle entre les agents. De plus, on considère qu'un agent A qui entend un message prononcé par un agent B reconnaît sa voix et donc ne perd pas l'information de qui est l'émetteur du message.

La modalité auditive

Les parties verbales sont envoyées à une certaine distance en fonction du volume sonore auquel elles sont émises. Pour la modalité verbale, il faut donc de calculer la distance entre agents. On prend le parti de considérer que le son se déplace à la même vitesse dans toutes les directions.

$$\text{canal_rompu}(A1, A2, \text{verbal}) = \|\overrightarrow{A1A2}\|_2 \leq \text{verbal.distance_audible} \vee \text{occlusion_entre}(A1, A2).$$

De plus, si un agent destinataire est trop loin pour entendre les messages verbaux et mal positionné pour percevoir les messages gestuels, il ne reçoit pas le message.

La figure 3.4 ci-dessous résume ces phénomènes. L'agent émetteur envoie un message vocal et gestuel. L'agent A est trop loin, et ne reçoit donc que la partie gestuelle du message, l'agent B est mal positionné par rapport à l'émetteur, il reçoit donc uniquement la partie vocale et l'agent C lui est bien placé et suffisamment proche, il reçoit donc le message complet.

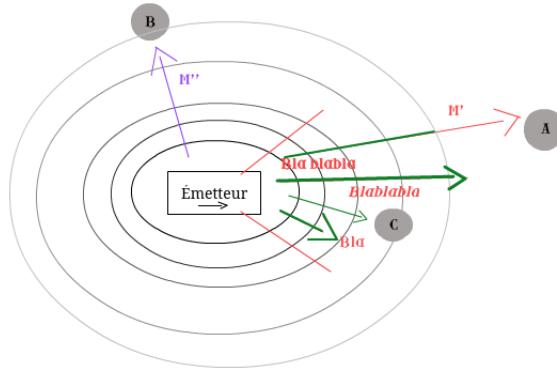


Figure 3.4: Illustration du phénomène de perception

Une fois que le message est perçu, comme le montre l'algorithme 1, s'il n'est pas ignoré, on a besoin de calculer un niveau de dégradation du message. Le message perçu peut être dégradé par les phénomènes de placement décrits précédemment ou par une dégradation liée à l'environnement. Les dégradations liées à l'environnement peuvent être un gros bruit, d'autres messages arrivant en même temps ou une occlusion totale ou partielle du champs de vision.

Lorsqu'une partie du message ne peut être perçue par l'agent qui reçoit le message, nous avons fait le choix de remplacer les contenus correspondant par un mot clé X qui nous permet de repérer

les parties endommagées du message. Ce mot clé permet de garder une information temporelle sur le message. En effet, on fait l'hypothèse que si un bruit empêche de percevoir l'intégralité du message mais que le locuteur est visible et continue de s'agiter ou de bouger ses lèvres, le destinataire aura conscience que le message reçu est incomplet. Lorsqu'un agent n'est pas stressé, il fait moins d'erreurs et aura donc tendance à faire répéter un message incomplet par acquis de conscience.

Le calcul de la dégradation

Dans un premier temps, le calcul de la dégradation du message, servant dans l'algorithme de décision 1, est un simple calcul du taux de contenu manquant. Ce calcul est rendu possible par le remplacement des contenus non perceptibles par le mot-clé X. On n'a donc besoin d'aucune information sémantique pour ce calcul.

$$\text{degradation_message}(msg) = \frac{\text{nombre de } X}{\text{nombre de triplets}}$$

Ce calcul de dégradation n'est bien évidemment pas optimal car il est possible que l'altération se produise sur des informations superflues et que la partie perçue soit suffisante pour traiter le message. Cependant, nous voulions que dans une situation non stressée nos agents adoptent un comportement prudent.

Résumé des paramètres et variables utilisées

Fonction	Variables d'entrées	Paramètres
<code>decision1</code>	stress et seuil de stress du destinataire et le message M' reçu	la probabilité α d'ignorer un message au-dessus du seuil de stress et les coefficients du polynôme <code>redemande</code>
<code>percu</code>	agent destinataire potentiel et le message M envoyé	δ : ouverture du champs visuel, utilisé dans la fonction auxiliaire <code>canal_rompu</code>
<code>niveau_degradation</code>	stress, dégradation	

Le tableau précédent résume les variables et paramètres utilisés. Nous avons fait les choix arbitraires suivants en ce qui concerne les deux paramètres α et δ :

- $\alpha = 0.9$: 90% de chances d'ignorer un message reçu lorsqu'on a dépassé notre seuil de stress maximal interne
- $\delta = 0$: champ de vision à 180 degrés pour percevoir un message gestuel.

Évaluation du modèle

Nous venons de proposer un modèle de communication dans la partie précédente. Nous allons maintenant vérifier que le modèle se comporte comme attendu en présentant des courbes de sensibilité des paramètres. Ensuite, nous présenterons une étude préliminaire qui permet d'évaluer les significations alternatives contenues dans nos messages.

4.1 Les courbes d'étude de sensibilité

Pour évaluer notre modèle, nous avons regardé si les probabilités empiriques de chaque comportement (faire répéter, traiter ou ignorer le message) correspondaient bien à notre attendu. Cela nous a permis aussi de regarder l'influence de la variable agent.seuil_stress. En effet, chaque agent possède un seuil de stress qui lui est propre pour symboliser les différences interpersonnelles.

Méthodologie

Afin d'obtenir les courbes présentées dans la partie suivante, nous avons fait tourner notre algorithme 1 1000 fois pour chaque couple de paramètres (stress, dégradation) pour une valeur de seuil_stress donnée.

Sur ces 1000 essais, nous avons compté nombre_ignore, nombre_traité et nombre_redemande qui sont respectivement le nombre de fois où l'algorithme a retourné "ignore", "traité" et "redemande". Il nous suffit alors de diviser les valeurs obtenues par le nombre d'essais pour obtenir une probabilité empirique de l'événement considéré.

Une fois obtenues les probabilités empiriques pour chaque couple (stress, dégradation) à un seuil donné, nous avons tracé les trois courbes :

1. redemande(stress, dégradation)
2. ignore(stress, dégradation)
3. traite(stress, dégradation)

Dans la partie suivante, nous présentons les courbes obtenues pour plusieurs valeurs de seuil_stress. Les couples (stress, dégradation) sont obtenus par un quadrillage du domaine des paramètres avec un pas de 0,01.

$$\begin{aligned} \text{stress} &\in [0, 1] \\ \text{dégradation} &\in [0, 1] \end{aligned}$$

Les courbes obtenues

Dans un premier temps, nous avons regardé ce qu'il se passe lorsqu'il n'y a pas de seuil de stress, c'est-à-dire que l'on considère une valeur de `agent.seuil_stress = 1.0`. On obtient les courbes suivantes :

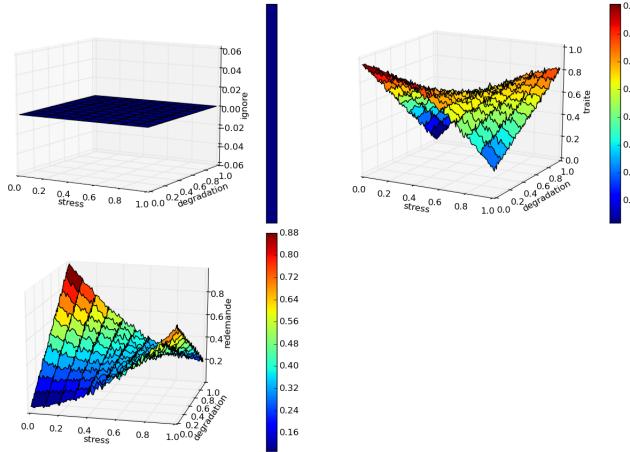


Figure 4.1: Courbes de probabilité d'ignorer (haut gauche), de traiter (haut droit) et de faire répéter (bas gauche) un message - seuil de stress à 1,0

Dans ce cas, le message n'est jamais ignoré, soit on le fait répéter soit on le traite. Ceci est cohérent car la probabilité théorique de redemander, dans ce cas, correspond exactement à la fonction `redemande(stress, dégradation)`, représentée par la figure 3.3 et la courbe empirique présentée ici est bien similaire : plus le niveau de stress est important plus le comportement est erroné (on fait répéter des messages non altérés et on ne fait pas répéter des message totalement dégradés).

Dans le cas où on a une valeur `seuil_stress = 0.7`, les courbes obtenues sont les suivantes :

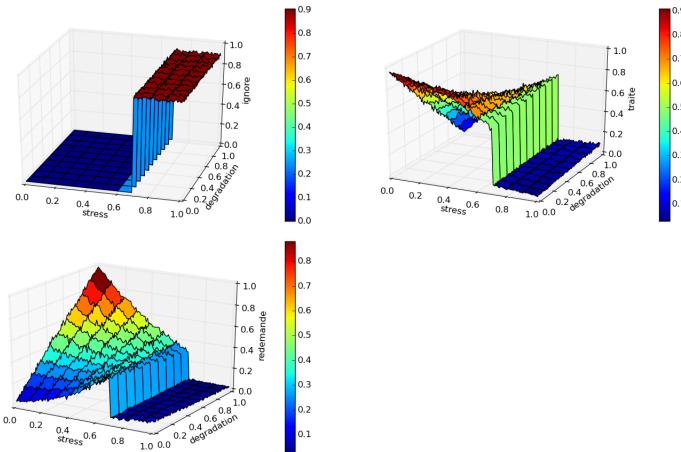


Figure 4.2: Courbes de probabilité d'ignorer (haut gauche), de traiter (haut droit) et de faire répéter (bas gauche) un message - seuil de stress à 0,7

Le seuil est bien visible :

- En dessous du seuil, le comportement est identique au précédent.
- Au-dessus du seuil, le comportement le plus probable est d'ignorer et dans une moindre mesure on demande de faire répéter ou on tente de traiter le message.

Afin de rendre plus visibles les comportements au-dessus du seuil, nous avons tracé les mêmes courbes mais pour des couples (stress, dégradation) tels que :

$$\text{stress} > \text{seuil_stress}.$$

Les courbes obtenues, toujours pour $\text{seuil_stress} = 0,7$, sont les suivantes :

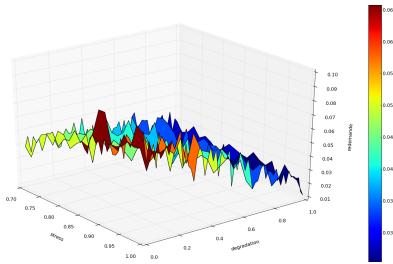


Figure 4.3: Au-dessus du seuil - probabilité de faire répéter le message

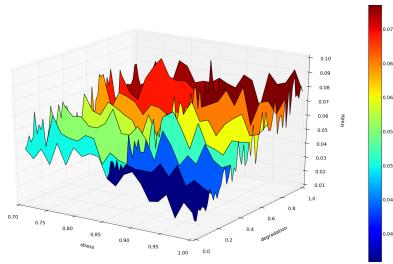


Figure 4.4: Au-dessus du seuil - probabilité de traiter le message

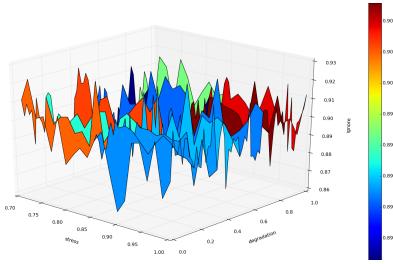


Figure 4.5: Au-dessus du seuil - probabilité d'ignorer le message

On observe alors qu'au-dessus du seuil, on a autour de $\alpha = 90\%$ de chances d'ignorer le message. Si le message n'est tout de même pas ignoré, étant en situation de fort stress, on voit bien que plus le message est dégradé, moins on a tendance à faire répéter le locuteur. On fait donc exactement l'inverse de ce que l'on ferait si l'on n'était pas stressé.

4.2 La génération de signification alternative - questionnaire

Dans notre modèle, lorsqu'un agent veut envoyer un message, il crée un acte perlocutoire qui est ensuite complété par des actes illocutoires possibles. À terme, nous souhaitons automatiser cette procédure de génération de significations alternatives, mais à l'heure actuelle nous faisons cette génération manuellement.

Toutes les significations alternatives ne sont pas de même difficulté et nous supposons que certaines significations alternatives sont plus souvent utilisées que d'autres. Pour faire une pré-selection des alternatives les plus fréquentes nous avons demandé à des participants de nous donner leur avis sur les significations alternatives que l'on génère.

Pour cela nous avons créé un questionnaire qui, à partir d'un exemple de locutoire, proposait plusieurs interprétations possibles. Les exemples de locutoire proposés ne présentaient aucune ponctuation. Il était alors demandé aux participants de donner, le plus rapidement possible (sans trop réfléchir) une note aux significations proposées pour ce locutoire. Il était précisé que pour évaluer la possibilité que le locutoire proposé puisse signifier l'une ou l'autre de nos proposition, il fallait passer en revue les différentes ponctuations ou intonations possibles.

Les participants devaient alors donner une note pour chaque interprétation donnée, allant de 0 à 4, 0 signifiant que selon eux il était impossible de comprendre le sens proposé à partir de la phrase exemple et 4 signifiant que eux-même l'ont compris comme ça. Il était aussi posé dans un deuxième temps une question subsidiaire leur permettant de donner une signification autre que celles proposées par nos soins.

Ce questionnaire a été rempli par 16 participants. Ceci n'est bien entendu pas suffisant pour faire des statistiques mais nous pouvons déjà faire ressortir quelques résultats préliminaires.

En effet, il y a très peu de consensus sur les réponses apportées par ces participants, ceci est illustré sur la figure 4.6. Cela montre qu'avec un même locutoire les gens sont nombreux à ne pas y voir le même sens. Il y a souvent des incompréhensions, du moins lorsqu'il y a très peu d'informations sur le contexte des messages.

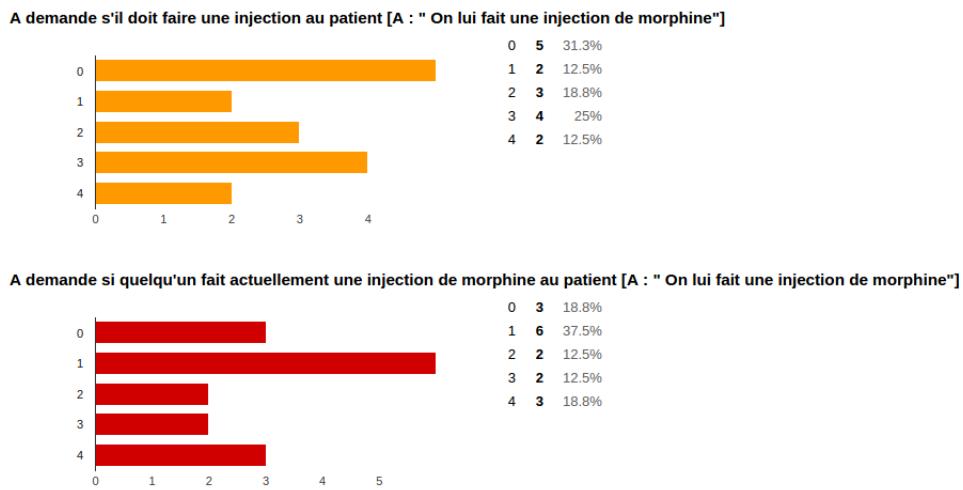


Figure 4.6: Cas où les participants ne semblent pas d'accord entre eux - incompréhension

Dans certains cas, on observe une grande majorité de score 0, c'est-à-dire de significations jugées peu vraisemblables par les participants. Cependant, dans ces cas on observe qu'une minorité

les trouve au contraire très vraisemblables. Cela confirme donc qu'il peut y avoir des erreurs de communication. Ceci est illustré par les exemples de la figure 4.7 où une majorité trouve que ces interprétations sont trop éloignées du message d'origine, alors qu'il y a quand même des participants qui ont noté ces significations 3 ou 4, donc il n'est quand même pas impossible de comprendre le message ainsi.

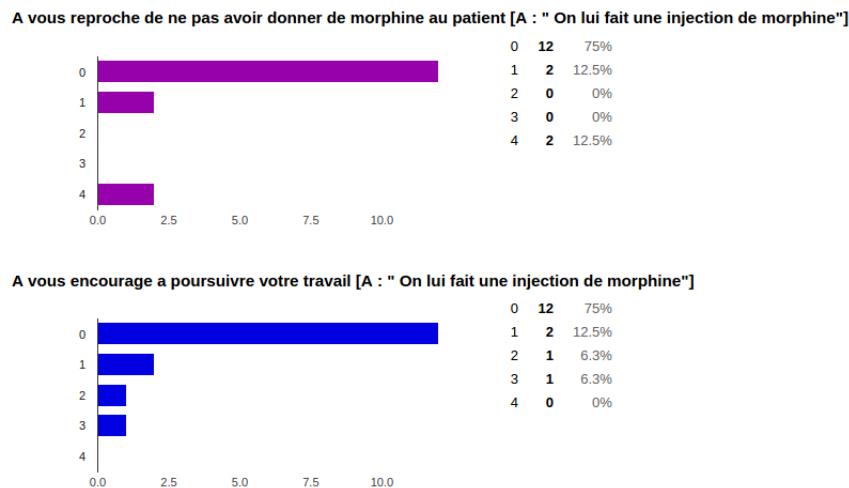


Figure 4.7: Significations qui semblent réfutées - erreur de communication

Une signification alternative a été glissée dans le questionnaire pour vérifier le type d'erreur de contenu que nous voudrions généraliser et qui nous a souvent été mentionné par nos partenaires terrain. Il s'agit de l'emploi d'un mot à la place d'un autre sémantiquement proche. Par exemple, dans le questionnaire le terme "morphine" a été remplacé dans l'une des significations alternative par "adrénaline". Les résultats pour cette question confirment que cette erreur peut arriver fréquemment.

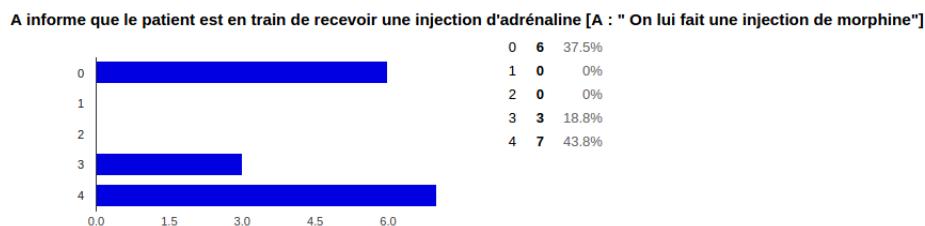


Figure 4.8: Confirmation d'erreur de type contenu - "un mot pour un autre"

Bien que ces résultats ne soient que préliminaires, ils restent encourageants. On observe bien que les participants ne comprennent pas tous la même chose à partir d'une même phrase. Certains ont même relevé, bien que les deux phrases exemples proposées "Pas d'autres blessures" et "On lui fait une injection de morphine" semblent toutes deux affirmatives, le fait que la première phrase s'interprète plus facilement comme une question que la seconde.

Ce sont d'ailleurs les interprétations interrogatives de la seconde phrase exemple, présentes sur la

figure 4.6, pour lesquelles on n'arrive pas à dégager de tendance majoritaire entre sens plausible et non plausible.

À plus long terme, nous voudrions utiliser ce genre d'étude non seulement pour valider les significations alternatives générées mais aussi pour déterminer leur probabilité de génération. En effet, un message devrait contenir une à trois significations et sur nos exemples, nous proposons déjà respectivement 6 et 9 significations. Il faut donc trouver un moyen de décider quelle signification générer et pour cela nous pensons utiliser la proportion de personnes qui jugent une signification probable (note 3 et 4).

Conclusion et perspectives

5.1 Discussion

Il existe différentes composantes de l'erreur de communication en situation stressée :

1. Lors de la création du message : passage de l'idée à la formulation.
2. Lors de l'envoi du message : est-ce que toutes les personnes qui doivent recevoir le message sont présentes, est-ce qu'elles sont disposées à recevoir le message.
3. Lors du transport du message : occlusion malencontreuse, défaillance technique d'un téléphone ou d'une caméra, bruit d'une explosion.
4. Lors de la réception du message : le destinataire comprend-t-il l'idée du locuteur ou fait-il sa propre réévaluation de la situation avec les données supplémentaires : réception d'un message, ce message est envoyé par le locuteur, ce message est envoyé alors que j'étais en train de faire telle action.

Parmi ces composantes, nous avons décidé de travailler sur la création du message, le transport et la réception du message.

À la création du message, nous avons proposé des significations alternatives potentielles d'un message en s'appuyant sur des relevés de conversations "*in situ*". Nous souhaitons à termes automatiser la génération des significations alternatives et prendre en compte la probabilité d'apparition de ces significations.

Au transport du message, nous altérons des messages suivant l'état du canal de transmission utilisé entre le locuteur et le destinataire. Cependant, il y a beaucoup d'éléments que nous ne prenons pas en compte comme la topologie du terrain, l'épaisseur des murs, la transparence des obstacles entre deux agents, les différences de luminosité (soleil aveuglant). Ces éléments seront peut-être intégrés plus tard, suivant les possibilités offertes par l'environnement virtuel.

À la réception du message, nous décidons simplement de l'ignorer, le faire répéter ou le traiter en fonction de l'état de stress et de la dégradation qu'il a subi. Il y a ensuite tout un traitement sémantique et en contexte du message pour décider de l'action à faire en réaction à ce message, que ce soit une tâche de communication ou non.

Les erreurs liées à l'envoi du message ou s'assurer que les personnes à qui on veut communiquer notre message sont présentes et disponibles, relèvent de la décision de communication tout comme la décision d'action qui suit la réception de message, savoir si on a suffisamment d'informations pour agir ou s'il faut demander des précisions ou informations supplémentaires au locuteur. Nous avons proposé un modèle qui permettra d'intégrer à terme toutes ces composantes d'erreurs de communication. Et nous avons fait deux évaluations de notre proposition : une validation de la fonction de décision et une validation subjective des erreurs lors de la création des messages via un questionnaire.

5.2 Perspectives

Il y a un certain nombre de points que nous aimerais améliorer dans ce modèle. Premièrement, nous avons déjà évoqué le calcul de la dégradation du message, ce calcul permet d'apprécier la taille de la partie manquante du message mais ne permet pas de savoir si la partie utile du message a été reçue. Or, nous pouvons avoir reçu un message dont aucun contenu n'est manquant mais le message peut être totalement incohérent. Il faudrait donc pouvoir rajouter une valeur de consistance au message. Pour cela, il est prévu que les contenus soit générés à l'aide d'une ontologie. Cela nous

permettra en même temps de diversifier les types d'erreurs générées. Nous pourrons alors générer des erreurs comme l'utilisation d'un mot pour un autre en nous appuyant notamment sur les travaux de Laurent MAZUEL [Mazuel and Sabouret, 2008] qui a travaillé sur les distances sémantiques dans les ontologies.

La validation des significations alternatives de nos messages pourrait elle aussi être améliorée. Nous pensons mettre en place un autre protocole de test, permettant d'avoir une validation en situation stressante et avec des phrases en contexte. Nous voudrions jouer sur le niveau de stress des participants en leur assignant une tâche, qui leur demanderait beaucoup de ressources cognitives, tout en leur parlant. Il serait alors possible d'observer leurs réponses et leurs non réponses, donnant ainsi des éléments sur le taux de messages ignorés et sur la nature des incompréhensions pouvant subvenir lorsque le message est reçu et complet.

Les perspectives à plus long terme, constituent aussi une partie des objectifs de la thèse "Modélisation de personnages virtuels autonomes et collectifs pour la formation d'équipes à des compétences non-techniques en situation critique" en collaboration entre l'UTC et l'UPSSud, faisant suite à ce stage. Il s'agit de traiter les étapes dites décisionnelles de notre modèle, signalées par la présence d'un petit cadenas sur la figure 3.1.

Lorsque l'on traite un message, on peut soit compléter les lacunes éventuelles que contient le message et agir en conséquence, soit demander des compléments d'informations au locuteur pour faire préciser le message. Savoir quand communiquer et quand ne pas communiquer, en s'appuyant notamment sur les travaux de Tambe [Tambe, 1997], qui part du principe que communiquer des éléments déjà connus est une perte de temps et d'énergie, il instaure donc un système d'évaluation de gain et de perte prenant en compte la probabilité que l'interlocuteur connaisse déjà l'information et le coût de l'erreur éventuelle qui se produira si on laisse l'interlocuteur dans l'ignorance de cette information. Bien sûr, dans notre cas il faut rajouter la probabilité que même en ayant communiqué un fait, la personne à qui l'on s'adresse peut avoir mal compris l'information ou l'avoir simplement ignorée.

Remerciements

Je remercie mes encadrants Nicolas SABOURET et Domitile LOURDEAUX pour leurs conseils avisés et leur disponibilité. Je remercie aussi le laboratoire Limsi et tous ses membres pour l'accueil chaleureux dont j'ai profité.

Je remercie aussi l'IRBA pour nous avoir prêté le matériel d'enregistrement pour les formations auxquelles j'ai assisté. Merci à l'École du Val de Grâce, et plus particulièrement Christian BAY, pour m'avoir permis d'assister à cette journée et m'avoir fourni des informations que je n'aurais pas pu trouver ailleurs.

Bibliographie

- [Austin, 1962] Austin, J. L. (1962). How to do things with words.
- [Bunk,] Bunk, G. P. Transmission de la compétence dans la formation professionnelle en allemagne. Technical report, CEDEFOP Formation professionnelle - 1/94 Revue européenne - Conseil de l'Education et de la Formation.
- [Driskell and Salas, 1992] Driskell, J. E. and Salas, E. (1992). Collective behavior and team performance. *Human Factors : The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 34(3) :277–288.
- [Driskell and Salas, 2013] Driskell, J. E. and Salas, E. (2013). *Stress and human performance*. Psychology Press.
- [Easterbrook, 1959] Easterbrook, J. A. (1959). The effect of emotion on cue utilization and the organization of behavior. *Psychological review*, 66(3) :183.
- [Fipa, 1997] Fipa, F. (1997). specification part 2 : Agent communication language. Technical report, Technical report, FIPA-Foundation for Intelligent Physical Agents.
- [Flin et al., 2008] Flin, R. H., O'Connor, P., and Crichton, M. (2008). *Safety at the sharp end : a guide to non-technical skills*. Ashgate Publishing, Ltd.
- [Halverson et al., 2011] Halverson, A. L., Casey, J. T., Andersson, J., Anderson, K., Park, C., Rademaker, A. W., and Moorman, D. (2011). Communication failure in the operating room. *Surgery*, 149(3) :305–310.
- [Lazarus and Folkman, 1984] Lazarus, R. S. and Folkman, S. (1984). Stress. *Appraisal, and coping*, 725.
- [Leplat, 1991] Leplat, J. (1991). Organization of activity in collective tasks. *Distributed Decision Making : Cognitive Models for Cooperative Work*, Wiley and Sons., Chichester.
- [Lingard et al., 2004] Lingard, L., Espin, S., Whyte, S., Regehr, G., Baker, G., Reznick, R., Bohnen, J., Orser, B., Doran, D., and Grober, E. (2004). Communication failures in the operating room : an observational classification of recurrent types and effects. *Quality and Safety in Health Care*, 13(5) :330–334.
- [Mazuel and Sabouret, 2008] Mazuel, L. and Sabouret, N. (2008). *Semantic relatedness measure using object properties in an ontology*. Springer.
- [Nieve et al., 1978] Nieve, V., Fleshman, E., and Rieck, A. (1978). Team dimensions : Their identity. *Their Measurement, and Their Relationships*, Advanced Research Resources Organizations, Washington, DC.
- [Reason, 1997] Reason, J. T. (1997). *Managing the risks of organizational accidents*, volume 6. Ashgate Aldershot.
- [Schulz von Thun, 1981] Schulz von Thun, F. (1981). Miteinander reden : Störungen und klärungen [talk with each other]. Rowohlt, Reinbek.
- [Searle, 1969] Searle, J. R. (1969). *Speech acts : An essay in the philosophy of language*. Cambridge university press.
- [Shannon and Weaver, 1945] Shannon, C. E. and Weaver, W. (1945). The mathematical theory of communication.
- [St Pierre et al., 2008] St Pierre, M., Hofinger, G., and Buerschaper, C. (2008). *Crisis Management in Acute Care Settings*. Springer Berlin Heidelberg.
- [Tambe, 1997] Tambe, M. (1997). Towards flexible teamwork. *Journal of artificial intelligence research*, pages 83–124.