

Tu sais qui sait quoi ? Suggestions pour l'étude du système de mémoire transactive dans un groupe à partir des patterns comportementaux et conversationnels.

Beatrice Biancardi

beatrice.biancardi@telecom-paris.fr
LTCI, Télécom Paris, Institut polytechnique de Paris
91120 Palaiseau

Maurizio Mancini

m.mancini@cs.ucc.ie
School of Computer Science & IT, University College Cork
Cork, Ireland

Lou Maisonnave-Couterou

loumaisonnave@gmail.com
Université de Paris
75006 Paris

Giovanna Varni

giovanna.varni@telecom-paris.fr
LTCI, Télécom Paris, Institut polytechnique de Paris
91120 Palaiseau

ABSTRACT

Le Système de Mémoire Transactive (TMS) représente la division coopérative du travail permettant au groupe d'apprendre. Les processus psychologiques sous-tendant le TMS ont fait l'objet de nombreuses études, pourtant peu de chercheurs se sont interrogés sur la pertinence des indices comportementaux dans la prédiction du niveau de TMS au sein d'un groupe. Cet article suit alors deux objectifs : la présentation d'une méthodologie permettant la reproduction des différentes phases du TMS (i.e. encodage, stockage et récupération) et le recueil des données concernant les interactions d'un groupe pendant une tâche commune. Par ailleurs, nous relevons ces données à partir de mesures objectives (i.e. F-formation, distance interpersonnelle, tour de parole) et subjectives (i.e. auto-évaluation). Ainsi, par l'intermédiaire de notre étude, nous tentons de relever des patterns spatiaux et conversationnels pertinents dans la prédiction du niveau de TMS d'un groupe. Nous cherchons notamment à comprendre comment ces différents patterns pourraient être liés aux trois dimensions majeures du TMS (i.e. spécialisation des connaissances, confiance et coordination). Par la suite, nos résultats devraient pouvoir contribuer aux développements de modèles computationnels, mais aussi d'applications fonctionnant en temps réel et pouvant être exploitées dans plusieurs contextes (e.g. équipes chirurgicales, team design, cours en ligne).

KEYWORDS

Analyse des groupes, système de mémoire transactive, analyse du comportement, analyse du signal social

ACM Reference Format:

Beatrice Biancardi, Lou Maisonnave-Couterou, Maurizio Mancini, and Giovanna Varni. 2020. Tu sais qui sait quoi ? Suggestions pour l'étude du système

de mémoire transactive dans un groupe à partir des patterns comportementaux et conversationnels. In *WACAI '20: Workshop Affects, Compagnons Artificiels et Interactions, 03–05 Juin, 2020, Île d'Oléron, France*. ACM, New York, NY, USA, 7 pages. <https://doi.org/10.1145/nnnnnnn.nnnnnnn>

1 INTRODUCTION

Bien qu'il s'agisse d'un objectif majeur des domaines de l'informatique affective et du traitement automatique des signaux sociaux, l'étude des dynamiques d'un groupe, engagé dans une tâche, n'est pratiquement pas abordée dans les domaines de l'informatique et de l'intelligence artificielle. Cela s'explique principalement par le fait que l'étude de ces phénomènes, dans un contexte interactif de groupe, est complexe et généralement mal définie. Jusqu'à aujourd'hui, la dynamique de groupe n'a encore jamais été étudiée comme un facteur à l'origine d'états émergents, qui sont définis comme étant les caractéristiques d'un groupe évoluant au fur et à mesure que les membres interagissent entre eux, explicitement et implicitement. C'est ce qui permet aux membres d'un groupe de coordonner leurs actions et d'atteindre leurs objectifs [26].

Le Système de Mémoire Transactive (*Transactive Memory System*, i.e. TMS) [37] est l'un de ces états émergents. Il décrit ce que l'on appelle la division coopérative du travail. C'est ce qui permet au groupe d'apprendre, de se souvenir et de communiquer ses connaissances aux autres membres. Le TMS permet aux membres de développer ensemble une représentation de la répartition de leurs connaissances. En d'autres termes, il permet aux membres du groupe de répondre à la question "qui sait quoi".

La dynamique comportementale est considérée comme un élément majeur dans le fonctionnement des groupes. En s'intégrant à un groupe, on adhère à des normes sociales spécifiques (e.g. distance, orientation) dans le but de coordonner et faciliter les interactions [19, 34]. Par ailleurs, il existe de nombreuses études en sciences sociales et psychologiques qui ont étudié les processus psychologiques mis en jeu dans le développement et la dynamique du TMS [23, 24]. Cependant, peu de recherches ont tenté de relever les comportements non-verbaux illustrant le niveau du TMS et donc permettant la prédiction de la performance du groupe à une tâche commune. Les chercheurs en informatique pourraient alors bénéficier de ces

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from permissions@acm.org.

WACAI '20, 03–05 Juin, 2020, Île d'Oléron, France

© 2018 Association for Computing Machinery.

ACM ISBN 978-x-xxxx-xxxx-x/YY/MM... \$15.00

<https://doi.org/10.1145/nnnnnnn.nnnnnnn>

connaissances en relevant automatiquement certaines caractéristiques de groupe afin de développer des modèles computationnels sur le TMS.

Ces modèles computationnels pourraient améliorer l'analyse en temps réel de ces processus qui jouent un rôle dans le fonctionnement des groupes. Ils pourraient fournir, par exemple, un meilleur *feedback* sur la performance ; ce qui aiderait les membres du groupe à optimiser leurs interactions et à améliorer leurs performances. Buengeler et al. [4] soutiennent l'importance de développer des modèles computationnels, à travers l'analyse des groupes, en combinant des approches psychologiques et informatiques. Ils décrivent plusieurs contextes d'applications qui bénéficieraient de ces modèles, comme ceux d'équipes chirurgicales, de *team design* ou bien encore de cours en ligne.

Dans cet article, nous nous intéressons tout particulièrement au TMS afin de développer des modèles computationnels à partir de théories psychologiques. Pour cela, nous cherchons à savoir si (et comment) les comportements des dynamiques de groupe sont liés au niveau du TMS. Notre but est donc d'identifier les patterns spatiaux et conversationnels qui pourraient prédire le niveau du TMS d'un groupe, et pas seulement d'étudier les causes de leurs modulations.

L'article est organisé comme suit : dans la Section 2, nous passons en revue les théories psychologiques sur lesquelles nous nous appuyons. Nous y clarifions les terminologies utilisées dans notre approche, notamment les définitions de groupe et d'état émergents, tout en introduisant la notion du TMS. Dans la section 3, nous illustrons les questions de recherche qui nous intéressent et proposons quelques hypothèses concernant les indices comportementaux pouvant être liés au niveau du TMS. Enfin, dans la Section 4 nous présentons une méthodologie permettant de reproduire chaque phase du TMS et de collecter les données de petits groupes (i.e. celles des interactions émises autour d'une tâche commune). Ainsi, ce corpus de données permettrait, après analyse, d'extraire des mesures quantitatives capables de prédire le niveau du TMS.

La protocole décrit dans la Section 4 a été validé par le comité d'éthique de la recherche (CER) de l'Université Paris-Saclay.

2 FONDEMENTS THÉORIQUES

2.1 Définition de groupe

La définition de "groupe" fait, encore aujourd'hui, l'objet de beaucoup de débats. Au départ, pour parler de groupe il fallait que celui-ci détiennne au moins deux membres partageant leurs connaissances et participant ensemble à des activités (voir le travail de Forsyth [9] pour un résumé des définitions de "groupe"). Il est suggéré plus tard que les groupes ne sont considérés comme tels qu'à partir de trois membres afin d'éviter les phénomènes propres au fonctionnement des dyades [20].

Moreland étudie les différences qualitatives possiblement retrouvées dans les études comparatives des dyades et des groupes [28]. Parmi ces écarts, nous pouvons relever celui concernant le nombre de relations. Contrairement aux dyades, plus un groupe est grand et plus son nombre de relations augmente, rendant sa dissolution plus complexe. De plus, le ressenti émotionnel est plus intense dans des dyades plutôt que dans des groupes. En effet, la relation entre les membres d'une dyade est, non seulement plus

directe, mais également plus forte que celle que nous retrouvons dans les groupes. Enfin, leur plus grande différence s'observe dans l'existence de phénomènes spécifiques au groupe (i.e. pas observés dans les dyades).

2.2 Les états émergents

Dans cet article, nous adoptons la perspective de Moreland, puisque nous nous intéressons aux propriétés spécifiques des groupes et non à celles des dyades, dans l'objectif d'étudier ses états émergents. Ces derniers se définissent comme étant des "constructions qui caractérisent les propriétés du groupe de nature typiquement dynamique et qui varient en fonction du contexte des groupes, des entrées, des processus et des résultats" [26]. Ainsi, les états émergents "se développent au fil du temps par les interactions dynamiques des membres d'un groupe" [13]. Selon le modèle IMO (i.e. *Input-Mediator-Output-Input*) [17], les états émergents prennent le rôle de médiateur entre chaque entrée (e.g. les caractéristique des membres, facteur lié à la tâche et au contexte) et sortie (e.g. le rendement, la satisfaction du groupe).

Trois catégories d'états émergents ont été identifiées [13, 21] :

- **États émergents cognitifs**, liés à la gestion des connaissances collectives affectant la performance du groupe (i.e. Modèles Mentaux Partagés [6] et TMS) ;
- **États émergents comportementaux**, liés aux activités et interactions entre les membres du groupe (i.e. processus de planification, surveillance, coordination et de prise de décision) ;
- **États émergents affectifs**, liés aux relations entre les membres du groupe et à leurs réactions affectives telles que l'humeur et l'émotion (i.e. cohésion et confiance).

Bien que les états émergents comportementaux puissent être facilement détectés, d'autres états émergents plus abstraits, comme le TMS, sont plus difficiles à mesurer. Notre objectif étant de proposer une méthode pour l'analyse automatique du TMS, nous devons donc nous tourner vers d'autres solutions. Certains chercheurs proposent alors d'utiliser des mesures indirectes (i.e. en mesurant les manifestations de cette construction), comme les indices comportementaux [22, 35], que nous décrivons mieux dans les paragraphes suivants.

2.3 Le Système de Mémoire Transactive

Au niveau individuel de chaque groupe, les individus exploitent leur *mémoire transactive*. Cette capacité cognitive est décrite comme une méta-mémoire permettant de connaître ses propres capacités de mémorisation et ses connaissances spécifiques. Ce type de système mnésique s'étend à tout un groupe lorsque les membres sont capables de répondre à la question "qui sait quoi ?". Les membres du groupe se forgent une représentation mentale de la distribution des connaissances de chacun, ce qui leur permet d'étendre leurs connaissances au-delà de celles qu'ils possèdent individuellement. Le TMS est donc une propriété du groupe dépendant des mémoires individuelles et des communications inter-membres.

A l'origine, le TMS est abordé dans le contexte du couple intime. Parmi ces premières études, nous citons Wegner [37], qui demande aux deux partenaires de chaque couple de s'approprier des connaissances appartenant à des domaines distincts. Il observe une

tendance chez ses participants à acquérir plus de connaissances lorsqu'ils pensaient que leur partenaire n'était pas lui-même expert dans ce domaine particulier. Ce n'est que récemment que l'on a étudié le TMS dans des groupes d'au moins trois individus (voir le travail de Peltokorpi [32] pour une revue).

Pour que le TMS puisse se former au sein d'un groupe, ce dernier doit suivre un objectif global qui peut être atteint seulement si ses membres accomplissent différentes sous-tâches interdépendantes et relevant de domaines d'expertise spécifiques. La notion d'interaction est donc primordiale. En effet, si les membres peuvent réaliser ces sous-tâches individuellement, alors ils n'auront plus besoin d'acquérir des connaissances sur celles des autres ; ils n'en auront plus besoin pour réussir. Nous mettons également en évidence l'importance de la distinction des connaissances de chaque membre du groupe (i.e. chacun a des connaissances dans un domaine que les autres ne maîtrisent pas) [37]. La connaissance des différents domaines d'expertise du groupe induit une réduction de l'effort cognitif individuel. Ce processus est optimal seulement si les individus se font confiance et acceptent leurs spécialisations. Dans ces conditions, le groupe pourra travailler de façon coordonnée et efficace.

Moreland [29] et Lewis [22] organisent les différentes conditions cruciales pour la formation d'un TMS en trois dimensions principales :

- **Spécialisation des connaissances** des membres du groupe;
- **Crédibilité ou confiance** : croyance en la fiabilité des connaissances des autres membres ;
- **Coordination** : traitement efficace et orchestré des connaissances.

D'autres études mettent en évidence les capacités du TMS à améliorer les performances d'un groupe [21]. Celui-ci permet d'atteindre un niveau optimal de coordination (i.e. les membres peuvent prévoir le comportement de leurs partenaires), de planification du travail et de connaissances sur les domaines d'expertise de chaque individu du groupe. Comme les chevauchements de connaissances sont réduits, la résolution de problème est plus efficace et le groupe peut donc atteindre ses objectifs plus rapidement.

Comme pour les autres systèmes mnésiques, le TMS fonctionne selon trois étapes (i.e. encodage, stockage et récupération).

Pendant la phase d'**encodage**, les individus identifient l'expertise des autres membres du groupe. Plusieurs méthodes leur permettent de répondre à la question "qui sait quoi ?" comme l'observation directe, l'indication explicite ou l'inférence du rôle des autres. Dans tous les cas, cette phase nécessite une interaction interpersonnelle.

Au cours du processus de **stockage**, les informations entrantes sont attribuées aux membres dotés de l'expertise correspondante. Il est nécessaire qu'il y ait une acceptation et une connaissance partagée de l'expertise.

Au cours de la phase de **récupération**, les individus savent à qui s'adresser pour récupérer les informations pertinentes à partir de leur représentation mentale partagée des connaissances du groupe. [25]. La récupération transactive est donc possible uniquement si le groupe est conscient de cette répartition des connaissances.

Le rôle de la communication semble important dans ce contexte ; Moreland observe une meilleure mémorisation des groupes ayant

pu communiquer pendant leur formation par rapport à ceux qui n'en avaient pas l'autorisation [30].

2.4 Comment mesurer le TMS?

Des études sur le TMS ont permis de relever plusieurs mesures permettant de l'estimer, comme celles du rappel, de l'évaluation qualitative ou de l'auto-évaluation de l'expertise [23, 24, 30].

Comme la communication est cruciale pour l'élaboration d'un TMS, l'analyse des comportements du groupe pourrait également révéler des informations importantes concernant le niveau de ce système.

Les comportements non verbaux, qui interviennent dans la communication, sont des indicateurs importants concernant le type de relation qu'entretiennent les individus entre eux. Un de ces comportements est l'organisation et la disposition des personnes d'un groupe dans l'espace physique (i.e. F-formation, [19]). Cet arrangement spatial est le reflet des relations entre les différents membres, mais il peut également être influencé par des contextes sociaux dynamiques. En effet, lors d'une activité commune, les participants se déplacent différemment dans l'espace en fonction de leur rôle et de leurs interactions [8]. Les études proxémiques montrent également que la distance interpersonnelle peut être modulée par le degré d'intimité [14].

Les tours de parole jouent également un rôle important pendant l'interaction. Ceux-ci sont caractérisés par les prises de parole, les silences, les chevauchements de discours ainsi que par les interruptions. Plusieurs chercheurs [15, 18] observent notamment que la prise de parole, par exemple, peut être modulée par des dimensions sociales (e.g. compétition, collaboration).

En ce qui concerne les interruptions, ces actions peuvent être considérées comme une violation du tour de parole [3], comme le reflet des attitudes interpersonnelles (e.g. dominance, coopération) ou comme l'engagement dans l'interaction [31].

Ces comportements (spatiaux et conversationnels) se sont révélés intéressants pour analyser la façon dont les membres d'un groupe se perçoivent entre eux en termes d'autres états émergents comme la cohésion [16] et le leadership [33]. Cependant, nous ne connaissons pas d'étude s'interrogeant sur la capacité de ces indices comportementaux à pouvoir estimer le niveau du TMS d'un groupe.

L'objectif de cet article vise donc à proposer une expérience ayant pour but d'acquérir ces connaissances, celles-ci pouvant ensuite être utiles pour l'étude automatique du TMS.

3 QUESTIONS DE RECHERCHE ET HYPOTHÈSES

Comme énoncé précédemment, nous nous interrogeons sur la possibilité d'une prédiction du niveau de TMS par des patterns spatiaux et conversationnels. Nous nous intéressons alors tout particulièrement aux questions de recherche suivantes :

- **QR1** : *Les membres de petits groupes produisent-ils des patterns spatiaux et conversationnels liés au niveau de développement d'un TMS ?* Pour répondre à cette question, nous proposons les hypothèses suivantes (voir figure 1) :
 - **H1a**, Si le TMS dépend de la confiance inter-membre, alors nous supposons que les distances interpersonnelles

de petits groupes diminuent à mesure que le niveau de TMS augmente.

- **H1b)**, Si le TMS facilite la coordination des membres d'un groupe, alors nous supposons que les F-formations sont développées plus rapidement et sont installées plus longtemps (stables) lorsque le niveau de TMS augmente.
- **H1c)**, Si le TMS dépend de la spécialisation des connaissances (moins de chevauchement des connaissances), nous faisons l'hypothèse qu'il y aura moins de changements de locuteur (puisque chaque expert explique aux autres sans être interrompu), lorsque le niveau de TMS augmente.
- **RQ2)** : *Les membres de petits groupes produisent-ils des patterns spatiaux et conversationnels spécifiques à chacune des trois phases du TMS (encodage, stockage, récupération)?*

4 MÉTHODOLOGIE

Afin d'étudier comment les patterns spatiaux et conversationnels peuvent s'associer à différents niveaux du TMS, nous pensons relever tout un corpus de données d'interactions multimodales issues de petits groupes (i.e. trois personnes).

Notre procédure est divisée en 3 étapes pour correspondre aux différentes phases du TMS, c'est-à-dire à celle de l'encodage, du stockage et de la récupération (voir Section 2). Cette procédure nous permet de donner le temps nécessaire à chaque groupe de développer leur TMS. Les différentes mesures du niveau du TMS se réaliseront alors pendant la phase de récupération, dans laquelle nous proposons plusieurs tâches aux participants.

Ci-dessous, les 3 étapes de notre procédure :

- (1) **Phase d'encodage** : les participants se rencontrent et se découvrent afin d'identifier les expertises spécifiques de chacun et ainsi de pouvoir répondre à la question "qui sait quoi?". Ces informations leur permettront de mieux répartir les rôles que nous leur proposons sous forme d'expertise (i.e. logistique, manuelle et mathématique). Chaque participant doit s'attribuer un domaine d'expertise.
- (2) **Phase de stockage** : les participants développent leur expertise. L'exploitation de ces expertises sera nécessaire à la bonne réalisation de la phase suivante.
- (3) **Phase de récupération** : une série de tâches, qui demande l'acquisition de domaines d'expertise spécifiques, est distribuée aux participants. L'attribution de ces tâches sera le produit d'une décision commune prise par le groupe lui-même ; selon les tâches, ces attributions seront plus ou moins évidentes.

4.1 Protocole

La collecte de données aura lieu dans une salle aménagée dans les locaux de Télécom Paris, et durera environ 1 heure. Cette salle de passation se compose de :

- **Une zone d'interaction** : elle inclut une table au centre et 3 caméras (2 en haut, aux coins opposés de la zone, et 1 autre proche de la table du centre) ;
- **Une zone des questionnaires** : elle inclut 1 table, 3 chaises et 3 ordinateurs (les participants s'assoient aux 3 côtés de la table pour remplir les questionnaires silencieusement) ;

- **Une zone de l'expérimentateur** : elle n'inclut rien de particulier, l'expérimentateur doit simplement se tenir loin de la zone d'interaction pendant les différentes activités.

L'expérience se divise en 5 étapes :

- (1) **Accueil** : Arrivés dans la salle de passation, les participants sont directement invités à suivre les consignes et à remplir le formulaire de consentement ainsi que le questionnaire Q1 (voir Section 4.2.3).
Ils s'habillent ensuite avec les t-shirts et casquettes proposés (permettant la capture de leur position dans l'espace de la pièce), puis les participants installent, avec l'expérimentateur, un microphone sur eux. [Durée : environ 15 min.] ;
- (2) **Encodage** : Recevant une liste énumérant des domaines d'expertise (i.e. *a* : compétences logistiques, *b* : compétences mathématiques, *c* : compétences manuelles), les participants doivent attribuer chacune de ces compétences à un des membres du groupe. L'expérimentateur, lui, reste à l'écart de la zone d'interaction.
A la fin, les participants remplissent le questionnaire Q2 (voir Section 4.2.3). [Durée : environ 10 min.] ;
- (3) **Stockage** : les participants ont l'opportunité d'acquérir des connaissances spécifiques à l'un des domaines d'expertise (*a* : dresser la table, *b* : conversion de deux unités de mesures, *c* : réalisation d'origamis). Ces connaissances sont transmises par l'intermédiaire de vidéos, de façon à ce qu'ils ne puissent en regarder qu'une seule, une fois. Pendant l'apprentissage, les participants peuvent prendre des notes tandis que l'expérimentateur doit rester en dehors de la zone d'interaction. [Durée : environ 15 min.] ;
- (4) **Récupération** : L'expérimentateur doit encore rester loin de la zone d'interaction pendant que les participants sont invités à effectuer des activités et à remplir le questionnaire Q3 (voir Section 4.2.3) à chaque fois qu'ils terminent une tâche. Ces activités sont les suivantes :
 - (a) **Tâche individuelle** : il est demandé aux participants de réaliser une des trois activités proposées (i.e. dresser la table, réaliser des origamis, convertir des unités de mesure), qui sont liées spécifiquement à un des domaines d'expertise. L'expérimentateur les autorise, lors de cette tâche, à utiliser les prises de notes. En leur laissant la décision concernant les attributions de rôles, le choix idéal aurait été : le participant *a* dresse la table, le participant *b* réalise des origamis et le participant *c* convertit des unités de mesure ;
 - (b) **Tâche leadership** : une liste de mesures (donnée dans une unité imaginée), à respecter pendant les activités, est remise aux participants (pour *a* : des distances précises entre les couverts, pour *b* : la dimension du papier utilisé pour réaliser l'origami). Mais n'ayant à disposition qu'un mètre, *a* et *b* ont besoin de l'expertise de *c* pour convertir les différentes mesures et ainsi terminer leurs activités ;
 - (c) **Tâche collaborative** : les participants sont invités, une nouvelle fois, à réaliser une des trois activités proposées (mais sans contraintes de mesures). Cependant, ils ont interdiction de choisir la même que celle qu'ils ont précédemment sélectionnée.

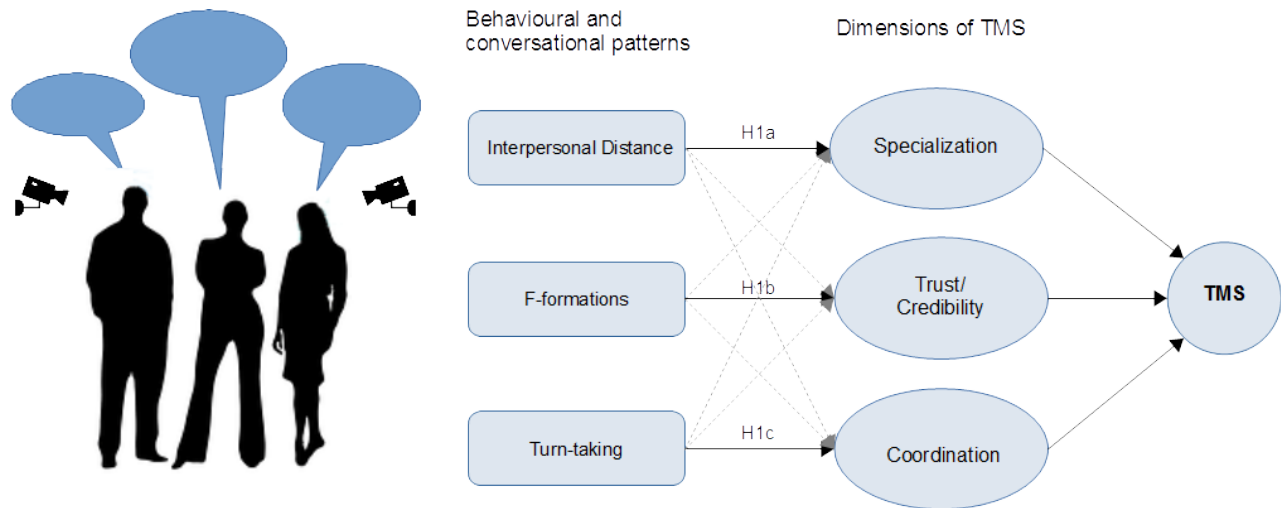


Figure 1: Schéma expliquant comment des patterns spatiaux et conversationnels (i.e. distance interpersonnelle, F-formation, tours de parole) peuvent réaliser des prédictions sur chaque dimension du TMS (i.e. spécialisation des connaissances, confiance et coordination) selon les hypothèses H1a, H1b et H1c décrites dans la section 3. Les flèches en pointillées représentent d'autres relations possibles entre les variables.

[Durée : environ 20 min.] ;

- (5) **Fin et synthèse** : les participants sont invités à retirer les t-shirts, casquettes, et microphones que nous leur avons fournis tandis que l'expérimentateur leur résume les objectifs de l'étude à laquelle ils ont accepté de participer. [Durée : environ 5 min.]

4.2 Mesures

Nous mesurons plusieurs paramètres au cours de chaque phase pour traiter leurs données ultérieurement. Pour choisir ces paramètres, nous nous appuyons d'abord sur la littérature en rapport avec les dynamiques de groupe et nous cherchons également à minimiser la nature invasive de notre mesure. Nous voulons utiliser des mesures simples qui pourront être traitées en temps réel dans de futures analyses. Des mesures issues d'auto-évaluations sont également collectées à la suite de chaque phase expérimentales.

4.2.1 Mesures Objectives : Patterns Spatiaux. Pour mesurer leurs comportements spatiaux dans la zone d'interaction, nous donnons aux participants des casquettes, chacune avec une couleur et un marqueur ArUco spécifique [10]. Ces marqueurs sont également installés sur le sol de cette zone afin de détecter la position et l'orientation de la tête de chaque participant selon un référentiel spatial déterminé. Les participants porteront également un t-shirt de la même couleur que leur casquette. Ce détail nous permet, non seulement de différencier chaque participant, mais aussi de leur extraire des indices non-verbaux (e.g. énergie de mouvement). Pour arriver à ce résultat, nous utilisons des techniques visuelles sur ordinateur (e.g. *algorithmes colour tracking* de la bibliothèque OpenCV¹) ; Glowinski et al. [12] ont notamment utilisé cette méthode.

En se déplaçant, les participants dessinent des configurations spatiales dans leur espace d'interaction (F-formations), ces dernières

seront retranscrites manuellement. Pour cela, nous nous référons aux F-formations de Kendon, qui considère les arrangements possibles entre deux personnes, et à celles de Tong et al. [36], qui se basent sur les patterns réalisables entre trois personnes. Les arrangements des dyades prennent généralement la forme d'un L (i.e. face à face et côte à côte), tandis que les patterns spatiaux que nous retrouvons dans des groupes de trois personnes prennent souvent la forme de demi-cercles, de cercles et de triangles. Nous retranscrivons également toutes les nouvelles configurations spatiales dessinées par les participants, si elles sont maintenues plus de 5 secondes, comme l'avaient fait Cristiani et al. [7].

4.2.2 Mesures Objectives : Comportement Verbal. L'activité vocale des participants est mesurée par un microphone portable. Pour les tours de parole, la retranscription automatique suit le schéma d'annotations utilisé par Cafaro et al. [5] et Heldner et al. [15]. Avec notre méthodologie nous pouvons mesurer l'état de la communication (e.g. A parle seul, A et B parlent en même temps), car elle combine les activités vocales de tous les participants. Nous sommes également capables d'identifier les transitions faites pendant les tours de parole (e.g. B parle puis silence) et donc de relever les chevauchements. D'autres mesures comme celles du temps, des prises de parole ou du débit des voix pourront facilement être réalisées à partir du signal brut extrait des microphones portables.

4.2.3 Mesures Subjectives : Questionnaires d'auto-évaluation. Les participants sont invités plusieurs fois à remplir 3 types de questionnaires lors de l'expérience.

- **Q1** Complété par le participant juste après avoir signé le formulaire de consentement, ce questionnaire requiert les informations suivantes :
 - **Informations personnelles** : âge, sexe, langue maternelle ;

¹<https://opencv.org/>

- **Niveau relationnel avec les autres membres du groupe** : Depuis combien de temps connaissez-vous le participant X ? (Précisez si vous parlez en termes de mois ou d'années, 0 si vous ne vous connaissez pas); Êtes-vous membre de la même équipe sportive ou associative que le participant X ? ; Vous et le participant X êtes des collègues de travail ? ;
- **Auto-évaluation du niveau de leadership** : questionnaire du Multifactor leadership questionnaire-short form 6S de Bass et Avolio [2].
- **Q2** Complété après la phase d'encodage, ce questionnaire évalue le niveau de chaleur et de compétence, que chaque participant attribue à ses partenaires de groupe, en utilisant les adjectifs de Aragonés et collègues [1] ;
- **Q3** Complété après chaque tâche de la phase de récupération (voir Section 4.1), ce questionnaire est composé de deux éléments :
 - Traduction française du questionnaire, proposé initialement par Lewis [22], qui permet de mesurer les trois dimensions du TMS. Cette traduction a été réalisée et validée par Michinov [27] ;
 - Questionnaire mesurant la perception du niveau de leadership que les participants attribuent à chacun de leurs partenaires de groupe. Les items sont directement inspirés du travail de Gerpott et al. [11].

5 CONCLUSION

Nous proposons, dans cet article, une méthodologie permettant de collecter tout un corpus de données concernant les interactions d'un groupe lors de la réalisation d'une tâche. De cette manière, nous tentons d'en apprendre plus sur le fonctionnement du TMS (i.e. conscience et connaissances concernant la question "qui sait quoi ?" dans un groupe) qui semblerait être l'état émergent le moins étudié de la littérature sur les dynamiques de groupe. Le corpus de données, obtenu par cette méthodologie, pourrait mettre en lumière des mesures quantitatives capables de prédire et d'estimer le niveau du TMS de façon automatique et en temps réel. Comme le TMS suit un développement lent et difficile à mesurer directement, nous avons choisi de centrer notre analyse sur les trois dimensions identifiées par Lewis [22] (i.e. spécialisation des connaissances, confiance et coordination). Mais nous cherchons également à comprendre comment des patterns spatiaux et conversationnels (e.g. distance interpersonnelle, F-formation, tour de parole) peuvent être liés à ce système mnésique particulier.

Dans ces conditions, nous avons imaginé une tâche qui requiert l'acquisition de différents domaines d'expertise, mais qui permet aussi la diversification des patterns spatiaux grâce à l'attribution de rôle spécifique pour chaque membre du groupe. L'objectif principal de notre travail est donc de réussir à identifier des fonctionnalités simples qui pourraient être étudiées en temps réel et permettre la réalisation de futures analyses. Ainsi, par l'intermédiaire de notre méthodologie, nous pensons pouvoir relever des variables capables de prédire le niveau du TMS d'un groupe.

Nous estimons que les résultats de ce travail pourraient grandement bénéficier aux experts des sciences informatiques et psychologiques. En effet, nos résultats pourraient jouer un rôle important dans le développement du flux de travail interdisciplinaire, nous permettant ainsi d'étudier le traitement du signal social, et plus particulièrement celui de l'analyse automatique des groupes. Ainsi, les experts en informatique seraient en mesure de concevoir des systèmes prototypes capables d'enregistrer et d'analyser correctement le phénomène étudié en s'appuyant sur les variables spécifiques que nous avons collectées lors de nos travaux. Tandis que le domaine de la psychologie pourrait, lui aussi, exploiter ce type de système afin de préciser et accélérer les analyses des modèles théoriques.

REMERCIEMENTS

Les auteurs voudraient remercier l'équipe Multimedia de Télécom Paris pour leur support logistique, ainsi que Brian Ravenet pour ses conseils techniques.

REFERENCES

- [1] Juan I Aragonés, Lucía Poggio, Verónica Sevillano, Raquel Pérez-López, and María-Luisa Sánchez-Bernardos. 2015. Measuring warmth and competence at inter-group, interpersonal and individual levels/Medición de la cordialidad y la competencia en los niveles intergrupales, interindividual e individual. *Revista de Psicología Social* 30, 3 (2015), 407–438.
- [2] Bernard M Bass and Bruce J Avolio. 1992. Multifactor leadership questionnaire-short form 6S. *Binghamton, NY: Center for Leadership Studies* (1992).
- [3] Geoffrey W Beattie. 1981. Interruption in conversational interaction, and its relation to the sex and status of the interactants. *Linguistics* 19, 1-2 (1981), 15–36.
- [4] Claudia Buengeler, Florian Klonek, Nale Lehmann-Willenbrock, Louis-Philippe Morency, and Ronald Poppe. 2017. Killer apps: Developing novel applications that enhance team coordination, communication, and effectiveness. *Small group research* 48, 5 (2017), 591–620.
- [5] Angelo Cafaro, Johannes Wagner, Tobias Baur, Soumia Dermouche, Mercedes Torres Torres, Catherine Pelachaud, Elisabeth André, and Michel Valstar. 2017. The NoXi database: multimodal recordings of mediated novice-expert interactions. In *Proceedings of the 19th ACM International Conference on Multimodal Interaction*. ACM, 350–359.
- [6] Sharolyn Converse, JA Cannon-Bowers, and E Salas. 1993. Shared mental models in expert team decision making. *Individual and group decision making: Current issues* 221 (1993), 221–46.
- [7] Marco Cristani, Giulia Paggetti, Alessandro Vinciarelli, Loris Bazzani, Gloria Menegaz, and Vittorio Murino. 2011. Towards computational proxemics: Inferring social relations from interpersonal distances. In *2011 IEEE Third International Conference on Privacy, Security, Risk and Trust and 2011 IEEE Third International Conference on Social Computing*. IEEE, 290–297.
- [8] Y Den. 2018. F-formation and social context: how spatial orientation of participants' bodies is organized in the vast field. In *Proceedings of LREC 2018 Workshop: Language and Body in Real Life (LB-IRL2018) and Multimodal Corpora (MMC2018) Joint Workshop*. 35–39.
- [9] DR Forsyth. 2006. *Group dynamics*. Belmont, CA: Thompson Wadsworth (2006).
- [10] Sergio Garrido-Jurado, Rafael Muñoz-Salinas, Francisco José Madrid-Cuevas, and Manuel Jesús Marín-Jiménez. 2014. Automatic generation and detection of highly reliable fiducial markers under occlusion. *Pattern Recognition* 47, 6 (2014), 2280–2292.
- [11] Fabiola H Gerpott, Nale Lehmann-Willenbrock, Sven C Voelpel, and Mark van Vugt. 2019. It's Not Just What is Said, but When it's Said: A Temporal Account of Verbal Behaviors and Emergent Leadership in Self-Managed Teams. *Academy of Management Journal* 62, 3 (2019), 717–738.
- [12] Donald Glowinski, Nele Dael, Antonio Camurri, Gualtiero Volpe, Marcello Mortillaro, and Klaus Scherer. 2011. Toward a minimal representation of affective gestures. *IEEE Transactions on Affective Computing* 2, 2 (2011), 106–118.
- [13] Rebecca Grossman, Sarit B Friedman, and Suman Kalra. 2017. Teamwork processes and emergent states. *The Wiley Blackwell handbook of the psychology of team working and collaborative processes* (2017), 243–269.
- [14] Edward Twitchell Hall. 1966. *The hidden dimension*. Garden City, NY: Doubleday.
- [15] Mattias Heldner and Jens Edlund. 2010. Pauses, gaps and overlaps in conversations. *Journal of Phonetics* 38, 4 (2010), 555–568.
- [16] Hayley Hung and Daniel Gatica-Perez. 2010. Estimating cohesion in small groups using audio-visual nonverbal behavior. *IEEE Transactions on Multimedia* 12, 6

- (2010), 563–575.
- [17] Daniel R Ilgen, John R Hollenbeck, Michael Johnson, and Dustin Jundt. 2005. Teams in organizations: From input-process-output models to IMO models. *Annu. Rev. Psychol.* 56 (2005), 517–543.
- [18] Dinesh Babu Jayagopi, Siley Ba, Jean-Marc Odobez, and Daniel Gatica-Perez. 2008. Predicting two facets of social verticality in meetings from five-minute time slices and nonverbal cues. In *Proceedings of the 10th international conference on Multimodal interfaces*. ACM, 45–52.
- [19] Adam Kendon. 1990. *Conducting interaction: Patterns of behavior in focused encounters*. CUP Archive.
- [20] J. Keyton. 2002. *Communicating in Groups: Building Relationships for Effective Decision Making*. McGraw-Hill.
- [21] Steve WJ Kozlowski and Daniel R Ilgen. 2006. Enhancing the effectiveness of work groups and teams. *Psychological science in the public interest* 7, 3 (2006), 77–124.
- [22] Kyle Lewis. 2003. Measuring transactive memory systems in the field: scale development and validation. *Journal of applied psychology* 88, 4 (2003), 587–604.
- [23] Kyle Lewis and Benjamin Herndon. 2011. Transactive memory systems: Current issues and future research directions. *Organization Science* 22, 5 (2011), 1254–1265.
- [24] Diane Wei Liang, Richard Moreland, and Linda Argote. 1995. Group versus individual training and group performance: The mediating role of transactive memory. *Personality and social psychology bulletin* 21, 4 (1995), 384–393.
- [25] Jenny Liao, Nerina L Jimmieson, Anne T O'Brien, and Simon LD Restubog. 2012. Developing transactive memory systems: Theoretical contributions from a social identity perspective. *Group & organization management* 37, 2 (2012), 204–240.
- [26] Michelle A Marks, John E Mathieu, and Stephen J Zaccaro. 2001. A temporally based framework and taxonomy of team processes. *Academy of management review* 26, 3 (2001), 356–376.
- [27] Estelle Michinov. 2007. Validation de l'échelle de mémoire transactive en langue française et adaptation au contexte académique. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée/European Review of Applied Psychology* 57, 1 (2007), 59–68.
- [28] Richard L Moreland. 2010. Are dyads really groups? *Small Group Research* 41, 2 (2010), 251–267.
- [29] Richard L Moreland and Larissa Myaskovsky. 2000. Exploring the performance benefits of group training: Transactive memory or improved communication? *Organizational behavior and human decision processes* 82, 1 (2000), 117–133.
- [30] Richard L Moreland and L Thompson. 2006. Transactive memory: Learning who knows what in work groups and organizations. In *Small groups: Key readings*. Psychology Press New York, NY, 327–346.
- [31] Kumiko Murata. 1994. Intrusive or co-operative? A cross-cultural study of interruption. *Journal of Pragmatics* 21, 4 (1994), 385–400.
- [32] Vesa Peltokorpi. 2008. Transactive memory systems. *Review of General Psychology* 12, 4 (2008), 378–394.
- [33] Dairazalia Sanchez-Cortes, Oya Aran, Marianne Schmid Mast, and Daniel Gatica-Perez. 2011. A nonverbal behavior approach to identify emergent leaders in small groups. *IEEE Transactions on Multimedia* 14, 3 (2011), 816–832.
- [34] Albert E Schefflen and Norman Ashcraft. 1976. *Human territories: How we behave in space-time*. Prentice-Hall.
- [35] Paul E Spector. 1992. *Summated rating scale construction: An introduction*. Sage.
- [36] Lili Tong, Audrey Serma, Simon Pageaud, Sébastien George, and Aurélien Tabard. 2016. It's not how you stand, it's how you move: F-formations and collaboration dynamics in a mobile learning game. In *Proceedings of the 18th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*. ACM, 318–329.
- [37] Daniel M Wegner. 1987. Transactive memory: A contemporary analysis of the group mind. In *Theories of group behavior*. Springer, 185–208.