

# Les émotions en français L2 : le traitement de la négation avec une interface cerveau-machine (BCI)

Géhane ESSAWY<sup>1</sup>, Hind AOTAIBI<sup>1</sup>, Nora ADAHASH<sup>2</sup>, Hakima GUELLA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Faculté de Langues et de Traduction, King Saud University

<sup>2</sup> College of Computer Sciences, King Saud University

<sup>3</sup> Faculté de Langues et de Traduction, Princess Nourah University

## Résumé

Cette étude expérimentale vise à étudier l'état affectif des apprenantes arabophones saoudiennes lors de la lecture des phrases négatives en français L2 en utilisant le système BCI, interface cerveau-machine (EEG). Il est question des émotions des apprenant(e)s lors de la lecture en français de phrases négatives (négation métalinguistique et négation descriptive). L'étude montre que le type de négation lue par l'apprenant(e) a un effet sur les réactions affectives de L1 et L2. Nous pensons que les négations métalinguistiques et descriptives peuvent provoquer de la frustration et de l'anxiété chez les apprenant(e)s de L2, car elles nécessitent toutes deux un accès à des éléments méta-représentatifs en L2. Cela ne semble pas être le cas lorsqu'il s'agit de L1. Les résultats montrent également qu'il existe un niveau élevé d'engagement lors du traitement des phrases négatives alors que la lecture en méditation est faible, ce qui tend à démontrer que les apprenantes étaient dans un état de concentration élevée lors de la lecture des phrases. Enfin, l'examen de l'évolution des émotions des participantes en lisant les phrases négatives révèle que les taux de frustration et d'engagement étaient élevés au début des tâches de lecture mais ont progressivement diminué au fil du temps.

**Mots-clés:** Interface cerveau-machine ; français ; L2 ; négation ; émotions ; engagement ; concentration.

## Abstract

This experimental study aims to investigate the affective processing mechanisms of Saudi learners during reading negated sentences in French L2. It focuses on the emotions of L2 female learners when reading metalinguistic and descriptive negation in French. We tested the emotions of L2 learners when reading French negation using BCI system (EEG). The paper shows that the type of negation that a student reads has an effect on the affective reactions in L1 and L2. We think that both metalinguistic and descriptive negations may produce frustration and anxiety among L2 learners since they both need an access to meta-representation elements in L2. This does not seem to be the case when dealing with L1. Results show also that there is a high level of engagement in French negation while reading meditation was low, which indicates that L2 learners were in a high concentration state when reading the sentences. Finally, examining the evolution of participants' emotions in reading the negative sentences reveals that frustration and engagement rates were high at the beginning of reading tasks but gradually decreased over time.

**Keywords:** BCI; EEG; French; second language; negation; emotions; engagement; concentration.

## 1. Introduction

Le traitement de la négation a fait l'objet de nombreuses recherches au cours de la dernière décennie. Un long débat a eu lieu autour du traitement de la négation et de la question de savoir si cela augmentait l'accessibilité des informations qui correspondent à l'état affirmatif (ex. « le garçon nage ») ou à l'état négatif (ex. « le garçon ne nage pas ») (Kaup & Zwaan, 2003; Kaup, Lüdtke & Zwaan, 2006a; Kaup, Yaxley, Madden, Zwaan et Lüdtke, 2006b). Dans la présente étude, nous voulons savoir quelles émotions sont impliquées dans la lecture de phrases négatives en français langue seconde (L2) chez les apprenants saoudiens de sexe féminin, au niveau universitaire (étudiantes). Nous essayons de déterminer si les apprenant(e)s de français L2 montrent des émotions différentes lors de la lecture de deux types de négation : la négation descriptive (ND) et la négation métalinguistique (NM). L'étude explore également la différence d'émotions lorsque ces apprenants lisent les mêmes phrases dans leur langue maternelle, l'arabe (L1), en comparaison avec le français (L2).

## 2. État de la recherche

Le débat sur la négation a introduit deux modèles offrant des modes différents sur la manière dont la négation est traitée (Mayo, Schul et Burnstein, 2004 ; Kaup et al., 2006a). Le premier est le modèle « schema-plus-tag » (Clark et Chase, 1972 ; Fiedler, Walther, Armbruster, Fay et Naumann, 1996). Ce modèle affirme qu'une personne traite la négation en se basant sur le message principal, c'est-à-dire qu'elle examine la partie affirmative de la phrase après l'avoir complétée avec la copule de négation. Ce modèle a deux implications : la première est que les lecteurs traitent la phrase en lui rattachent une étiquette de négation, puis établissent une relation entre les deux parties. La deuxième implication concerne toutes les associations activées par la phrase. Ces associations sont compatibles avec l'état de négation nié. Ainsi, dans ce modèle, les participants associent une négation à la phrase uniquement si toutes les associations compatibles ont été activées. Enfin, dans ce modèle, le lecteur atteint le sens de la négation mais active simultanément une série d'associations incompatibles avec le sens de la négation (Mayo et al, 2004).

Le deuxième modèle proposé pour expliquer le processus de négation est le modèle de simulation expérientielle, qui postule le fait que le participant doit fusionner la copule de négation de la phrase. Dans ce modèle, une phrase comme « le garçon ne nage pas » doit être traitée comme « le garçon est assis ». Ainsi, dans ce modèle, les personnes activent des associations compatibles avec l'état actuel des choses lorsqu'elles fusionnent la négation avec le concept de base. L'étude de Rubaltelli et Slovic (2008) montre que l'utilisation de l'un ou l'autre modèle peut dépendre du contexte dans lequel la négation est présentée. Mais diverses études utilisant différentes méthodes montrent que les phrases négatives nécessitent davantage de temps de traitement. Un certain nombre d'explications ont été proposées dans la littérature scientifique, notamment en référence aux aspects grammaticaux ou à la longueur des phrases (Kaup, Zwaan, Lüdtke, sous presse). Cependant, l'explication la plus communément admise concerne les aspects pragmatiques de la négation (Lüdtke & Kaup, 2006). Dans ce cas, les interprétations de la négation métalinguistique et descriptive sont toutes deux d'ordre méta-représentatif (Moeschler, 2015) et impliquent différents types d'émotions chez les apprenants.

Selon Damasio et Carvalho (2013), les émotions sont le résultat de la réponse innée de l'organisme aux dérivées de l'environnement intérieur et extérieur. Ces réponses modifient le comportement, la prise de décision et le fonctionnement cognitif de l'attention, de l'apprentissage et de la mémoire (Dolan, 2002 ; LeDoux, 2012 ; Panksepp, 1998).

Sur le plan cognitif, la compréhension du discours comporte essentiellement trois étapes :

- 1) la construction de la structure de surface, c'est-à-dire d'une représentation mentale du texte lu ;
- 2) une représentation textuelle contenant des unités d'idées explicitement énoncées dans le texte, y compris des raisonnements de déductions qui aident à relier des propositions consécutives ;
- 3) un modèle de situation du texte, dans lequel l'entrée linguistique actuelle (c'est-à-dire le sens linguistique de la phrase ou du paragraphe en cours de lecture) est intégrée à la fois aux connaissances générales et au contexte du discours précédent (Hsu et al, 2015 ; Graesser,

Millis et Zwaan, 1997 ; Zwaan et Radvansky, 1998).

Dans la compréhension d'un texte, deux types de processus inférentiels sont nécessaires : les processus inférentiels non ambigus qui impliquent un traitement grammatical (morpho-syntaxique) et les processus inférentiels ambigus ou incohérents qui nécessitent une résolution de la complexité. Jackendoff (2007) soutient que des processus grammaticaux ont lieu pour réunir des mots simples dans une compréhension de phrases ou de paragraphes. Cela signifie que les combinaisons de mots, les structures syntaxiques, les informations temporelles (relatives au temps), logiques (ex. la négation), intentionnelles (ex. l'humeur subjective), accompagnées de la connaissance du monde appris, produisent la compréhension du discours (Hagoort et al, 2004).

Au niveau émotionnel, il existe une littérature de plus en plus importante en neurosciences sur la reconnaissance affective d'un mot (Citron, 2012 ; Kissler et al., 2006), sur les modèles standard de reconnaissance de mots (Coltheart, Rastle, Perry, Langdon et Ziegler, 2001 ; Grainger et Jacobs, 1996), sur la lecture (Just & Carpenter, 1980), la phrase (Friederici, 2002 ; Taraban et McClelland, 1988) et le traitement de texte (Ferstl et al., 2008 ; Kintsch, 1988). Le modèle de lecture littéraire présenté par Jacobs (2011 et 2014) a tenté de relier tous ces résultats à des données neuropsychologiques présentant l'hypothèse selon laquelle le texte renvoie à des processus cognitifs, émotionnels ou esthétiques. Il en résulte des opérations à trois niveaux, à savoir neuronal, cognitivo-affectif et comportemental (Jacobs, 2011, 2014).

Dans les sections suivantes, nous allons vérifier si la lecture d'une phrase négative implique des processus cognitivo-affectifs particuliers ; autrement dit, si l'engagement des apprenantes est plus élevé lors de la lecture d'une phrase qui n'est pas simple en L2. Pour ce faire, nous présentons ci-après une brève description de la négation en français et en arabe.

### Aperçu de la négation en français et en arabe

En français, la négation est formulée essentiellement à travers deux particules (« ne » et « pas ») : « ne » suit le sujet et « pas » suit le verbe. Selon Moeschler (2010), la négation

descriptive est « orientée vers le bas », tandis que la négation métalinguistique est « orientée vers le haut ». De plus, une négation descriptive est une fonction qui affecte la condition de vérité de la phrase, tandis qu'une négation métalinguistique n'est pas fonctionnelle ; elle n'affecte pas la condition de vérité de la phrase mais son affirmation (Moeschler, 2010). Par exemple :

(1a) Marie n'est pas riche.

(1b) Marie n'est pas riche, elle est milliardaire.

(1a) montre que Marie est moins riche que (1b).

(1b) montre que Marie est bien plus que riche.

En arabe, la négation est introduite par divers éléments et particules : LIMA / LAM, MA, IN, LA, LAN (Ramadan, 2014).

1) « LIMA / LAM » : utilisé pour la négation de verbes au présent, il conserve la forme du verbe dans le présent mais sa sémantique renvoie au passé. Par exemple :

Lam yalid : Ne pas donner naissance (présent)

Sens : Il n'a pas enfanté (passé)

2) « MA » : utilisé avec des noms et des verbes dans le passé, il conserve la forme du verbe.

Ma Akala Ahmadu et-tufaha : Ne pas manger Ahmad la pomme

Sens : Ahmad n'a pas mangé la pomme.

3) « IN » : est toujours utilisé avec « ILLA » soit pour introduire la négation, soit pour nier la chose sur laquelle porte le discours.

In antoum illa kadhoun : Vous seuls menteurs.

Sens : Vous n'êtes que des menteurs.

4) « LA » : est utilisé avec les verbes à l'inaccompli (a), avec les noms dans une double négation : défini (b) et indéfini (c) ; il exprime également l'interdiction (d).

a. LA yakoumu Zaid : Ne pas se lever Zaid

Sens : Zaid ne doit pas se lever.

b. La ed-dars hadartu wa la el-hafl

Sens : Je n'assiste ni au cours ni à la fête.

c. LA Rajulun fi ed-dari wa LA imra'a

Sens : Il n'y a ni homme ni femme à la maison.

5) « LAN »: utilisé exclusivement avec des verbes dans le présent, il peut exprimer le futur (a) ou bien le souhait (b). Exemples :

a. LAN tanjahu fi-el-ikhtibar

Sens : Vous ne réussirez pas à l'examen.

b. LAN akouna munasiran li el-bathil

Sens : Je ne serai pas partisan de la fausseté.

En raison du peu de travaux sur la négation métalinguistique en arabe, nous allons utiliser l'élément négatif « LA » avec le verbe au présent pour les négations descriptives (b) et métalinguistiques (a).

a. LA tadhabu Amal ila hadihi el-bayti, tadhabu ila hada el-bayti.

Sens : Amal ne va pas à cette demeure (féminin), elle va à ce domicile (masculin).

b. LA tadhabu Amal ila sadikatiha, tadhabu ila hada el-bayti.

Sens : Amal ne va pas chez son amie, elle va à ce domicile (masculin).

### 3. Matériau de l'étude

Un BCI (Brain Computer Interface / Interface Cerveau-Machine, ICM) est un système de communication qui traduit les messages produits dans le cerveau en commandes de sortie (Allison et al, 2007 ; Wolpaw et Wolpaw, 2012 ; Clerc et al, 2016). En effet, le système nerveux central (SNC), composé du cerveau et de la moelle épinière, génère une activité cérébrale pouvant être électrique, chimique et métabolique.

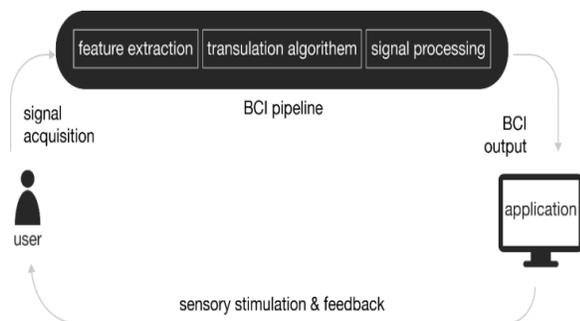


Figure 1 : Modèle conceptuel d'un système BCI

Un système BCI, illustré par la figure 1, peut capturer des signaux cérébraux, en extraire des

caractéristiques spécifiques, puis les traduire en commandes de sortie. Ainsi, le BCI fournit un nouveau canal de communication permettant aux individus d'interagir avec le monde extérieur.

Les recherches menées au cours des dernières années ont montré un intérêt accru pour la détection de la corrélation entre les émotions et les signaux cérébraux. Des études récentes ont fait progresser nos connaissances sur l'électroencéphalographie (EEG) et sa corrélation avec les états affectifs humains. Les bandes de fréquences du cerveau ont été associées à diverses tâches cognitives et états émotionnels. De nombreux chercheurs pensent que l'activité électrique dans le cerveau produit quatre rythmes distincts (O'Brien, 2008). Les rythmes Alpha et Thêta peuvent être liés à la difficulté de réalisation de tâches (Janisse, 1977 ; Basar, 1999 ; Gevins & Smith, 2003). Selon Kruger et al (2014), le suivi et la quantification des changements dans les rythmes des ondes cérébrales Alpha et Thêta peuvent révéler beaucoup de choses sur ce qui se passe lorsque les apprenants traitent des informations dans diverses conditions. O'Brien (2008) affirme que cela peut être réalisé même lorsque l'apprenant n'est pas conscient de ces changements ou ne peut pas les exprimer (voir O'Brien, 2008 ; Gevins & Smith, 2003 ; Kruger et al 2014).

Un système EEG peut détecter cinq types d'émotions : la frustration, la méditation, l'excitation (à court et à long terme) et l'engagement. Par conséquent, quand une personne montre par exemple de l'excitation, son esprit produit un certain motif de rythmes des ondes cérébrales que l'EEG peut identifier et afficher à l'aide d'algorithmes sous forme de représentation graphique.

Malgré l'intérêt croissant que suscite l'EEG pour explorer l'état affectif et émotionnel des humains dans de nombreux domaines (psychologie et neurosciences, études cliniques et psychiatriques, sciences cognitives, etc.), peu de travaux ont été réalisés dans le domaine de l'apprentissage de la L2 en général et de la lecture de la L2 en particulier. Peu d'études ont intégré cette technologie à la recherche sur la L2 (Federmeier et al. 2010 ; Kruger, 2014 ; Watanabe et al, 2016 ; Part et al. 2016 ; Szarkowska et al 2016).

Dans le domaine arabe, il semble y avoir une lacune encore plus grande dans la littérature car

il n'existe pas d'études qui traitent des émotions des apprenants arabophones en français lors de la lecture d'une négation métalinguistique et descriptive en L2. Il n'y a pas non plus d'études comparatives sur les émotions des apprenants lors de la lecture de phrases L1 et L2 pour voir s'il existe une différence significative dans les émotions associées.

#### 4. Méthodologie

Dans cette étude expérimentale, nous voudrions explorer les émotions des apprenants arabophones lors de la lecture de phrases négatives en français L2 à l'aide du système BCI. L'objectif est d'examiner les états affectifs et émotionnels. Nous recherchons des changements dans les émotions des participantes lors de la lecture de deux types de négation, à savoir les NM (négations métalinguistiques) et les ND (négations descriptives).

##### 4.1. Participants

Nous avons testé 30 étudiantes inscrites au département de français de la Faculté de langues et de traduction de l'Université Roi Saud à Riyad. Toutes sont de langue maternelle arabe, avec un âge moyen allant de 20 à 23 ans. Le département de français gère un programme de quatre ans dans lequel les trois premiers niveaux sont consacrés au développement des compétences linguistiques. Les étudiantes des niveaux supérieurs sont initiées aux cours de traduction spécialisée, où elles sont tenues de traduire des textes du français vers l'arabe et inversement. Selon le test de niveau AITICIA INTERNATIONAL, toutes les participantes ont le niveau A1. Elles étaient toutes droitières et ne portaient pas de lunettes. Les objectifs et les procédures de l'étude ont été expliqués à toutes les participantes et leurs consentements ont été recueillis.

##### 4.2. Appareillage

Il existe différentes techniques pour capturer l'activité cérébrale. Actuellement, l'électroencéphalographie (EEG) est la modalité la plus utilisée, car elle est peu coûteuse et disponible dans le commerce (Lebedev et Nicoletis, 2006 ; Kruger et al, 2014). Selon Antonenko et al (2010 : 428), l'EEG est une « technique de neuro-imagerie populaire qui mesure l'activité électrique produite par le cerveau via des électrodes placées sur le cuir

chevelu ». Une telle technique fournit diverses mesures en réponse à différents niveaux de stimuli cognitifs (Anderson & Bratman, 2008). Cela fait de l'EEG un choix approprié pour évaluer notamment la charge cognitive en psychologie de l'éducation (Antonenko et al., 2010: 428).



Figure 2 : Casque Emotiv EPOC

Ainsi, l'EEG a été adopté comme mode d'interaction dans notre expérience via un Emotiv EPOC qui est un casque BCI basé sur l'EEG (figure 2). Ce neuro-casque est composé de 14 canaux (plus 2 canaux de référence). Les emplacements des canaux sont : AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8 et AF4 (suivant le système 10-20). Emotiv EPOC détecte l'état émotionnel des utilisateurs par le biais de signaux cérébraux et applique son algorithme sur les signaux EEG pour les traduire en valeurs indiquant quatre états affectifs : frustration, méditation, excitation et engagement (court et moyen terme).

L'expérience est conçue pour que l'état émotionnel du participant soit surveillé lors de la lecture de phrases de négation. Chaque session a débuté par le montage du casque Emotiv EPOC pour l'étalonnage (figure 3). L'étalonnage consiste à monter le casque sur le participant et à assurer un bon signal pour chacune des quatorze électrodes (couleur verte).

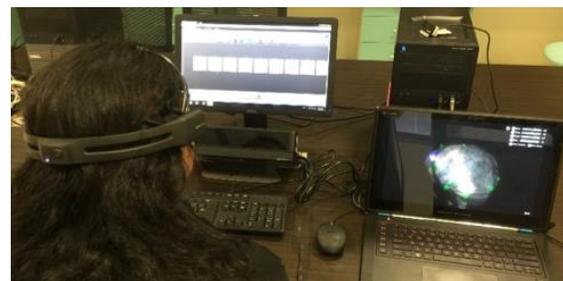


Figure 3 : Montage du casque Emotiv EPOC pour le calibrage

Les canaux sont à base de solution saline, ce qui signifie qu'ils doivent être correctement mouillés avant d'être montés. La figure 4 montre des captures d'écran du flux de signaux EEG. Un ordinateur portable a été utilisé dans l'expérience pour l'enregistrement EEG et le contrôle de la qualité du signal EPOC. Les signaux cérébraux sont collectés à l'aide du casque Emotiv EPOC pendant que l'utilisateur lit. Ces signaux sont capturés en temps réel avec le kit de développement logiciel Emotiv (SDK).

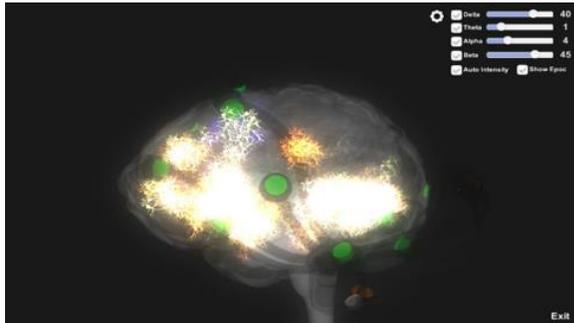


Figure 4 : Image des émotions du cerveau

La suite affective du progiciel émotif propose une lecture des émotions suivantes : frustration, méditation, excitation et engagement (court et moyen terme). Après la session, des enregistrements EEG ont été insérés dans le SDK pour extraire des valeurs d'émotion allant de 0 à 1 (figure 5)

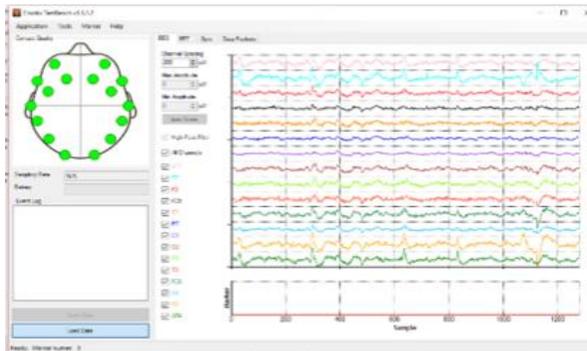


Figure 5 : Flux de signal EEG

### 4.3. Les tâches

Le corpus de l'étude contenait 30 phrases négatives du type métalinguistique (NM) et 30 phrases négatives du type descriptif (ND), en français et en arabe. À cela s'ajoute 52 distracteurs comprenant des phrases simples (26), des phrases relatives (12) et des phrases intruses (7). Nous utilisons également un test de compréhension à la fin pour nous assurer que nos participantes ont atteint le niveau de compétence requis.

### 5. Résultats de l'étude

Les états affectifs des participantes ont été examinés à partir des lectures de l'EEG. Nous obtenons un aperçu des émotions éprouvées lors de l'interaction avec nos stimuli. Cinq émotions de base sont extraites à travers le SDK Emotiv de l'EEG enregistré à partir de 21 participantes : 12 ont participé au test de français et 9 au test d'arabe. En examinant les statistiques descriptives, nous trouvons un fort niveau d'engagement lors de la lecture des phrases en français chez toutes les participantes avec ( $M = 0,67$  DS =  $0,08$ ). Par contre, les lectures de méditation sont faibles avec des valeurs ( $M = 37$  et SD =  $0,04$ ). Cela indique que les participantes étaient dans un état de concentration élevé lors de la lecture. Ce qui était également le cas dans l'expérience effectuée sur les phrases en arabe pour l'engagement et la méditation, respectivement ( $M = 0,69$  et écart-type =  $0,10$ ,  $M = 0,38$  et écart-type =  $0,12$ ).

Nous examinons ensuite la corrélation entre l'émotion et le temps, en se concentrant sur les changements d'état émotionnel des participantes en lisant les phrases. Les résultats sont présentés dans les tableaux 2 et 3 (voir annexes) pour les tests de français et d'arabe, respectivement. Une corrélation significative a été observée dans l'engagement et la frustration dans le test de français (valeur  $p < 0,05$ ). Les états affectifs de frustration et d'engagement des participantes sont élevés au moment où elles commencent la lecture, mais déclinent avec le temps. En ce qui concerne le test d'arabe, aucune corrélation significative n'a été observée.

Ensuite, nous avons comparé les émotions des participantes lors de la lecture des phrases en arabe et en français. Pour cela, nous effectuons un test indépendant sur les lectures affectives de

nos deux groupes différents afin de vérifier l'hypothèse proposée. Les résultats montrent qu'il n'y a pas de différence significative dans les émotions : engagement, médiation, excitation à court terme et excitation à long terme, entre les tests d'arabe et de français, avec des valeurs respectifs de  $p$  (0,244, 0,399, 0,54 et 0,7). Les valeurs de  $p$  sont toutes supérieures à 0,05, sans différence significative entre les deux langues. Cependant, une différence hautement significative a été observée dans la frustration entre les tests d'arabe et de français, avec une valeur  $p = 0,000 < 0,05$  (tableau1).

De plus, nous avons calculé les niveaux de frustration des participantes qui lisent des phrases de NM et de ND en français et en arabe. Les résultats montrent une augmentation des niveaux de frustration lors de la lecture de ND de quatre participantes, tandis que la majorité montre une diminution de la frustration. Cependant, le niveau moyen de frustration de chaque participante est presque identique, avec un maximum de 0,6 de différence entre les NM et des ND. Lors du test d'arabe, quatre participantes présentaient une frustration accrue en lisant les phrases de ND et quatre participantes affichaient une diminution. En général, nous ne constatons pas de différence significative entre les niveaux de frustration entre les deux types de négation et le degré moyen de frustration dans le test de français (0,41 à 0,66) et dans le test de langue arabe (0,47 à 0,72).

De plus, nous avons testé les niveaux d'engagement des participantes lors de la lecture des phrases de NM et de ND en français et en arabe, respectivement. Les résultats ne montrent aucune différence entre les deux types de négation (NM et ND) en termes d'engagement. Le même constat peut être fait pour les niveaux d'engagement du test en arabe. Il n'existe pas de différence significative, puisque l'intervalle moyen de niveau d'engagement pour le test français est (0,59 - 0,76) et pour le test arabe (0,55 - 0,76).

En résumé, les apprenantes de la négation en français L2 ne manifestent pas les mêmes émotions lorsqu'elles traitent les deux types de négation à savoir : métalinguistique (NM) et descriptive (ND) dans les deux langues étudiées ici, le français et l'arabe. Les deux types de négation sont méta-représentatifs, mais rien ne montre qu'il y ait plus de frustration ou d'engagement dans le traitement de L2 que de

dans le traitement de L1. Nous avons remarqué néanmoins une plus forte concentration lors de la lecture des phrases négatives en français. De plus, les participantes prennent plus de temps pour interpréter les NM et les ND en L2 qu'en L1.

## 6. Discussion des résultats

Dans la présente étude, nous avons étudié les émotions des apprenantes de L2 lors de la lecture de phrases négatives en français et en arabe. Deux types de négations ont été étudiés : la négation métalinguistique (NM) et la négation descriptive (ND). Cinq émotions de base ont été extraites : frustration, méditation, engagement, excitation. Des études antérieures sur le traitement des phrases ont suggéré que le traitement de la négation était fondamentalement difficile, en raison du traitement spécifique de la négation d'une proposition (Clark & Chase, 1972) ou à cause de la suppression d'une représentation affirmative (Kaup & Zwaan, 2003), ou encore des mécanismes pragmatiques généraux qui pourraient être à l'origine de cet effet (Nordmeyer Frank, 2014). Nos résultats montrent qu'il n'y a pas de différence significative d'émotions entre les NM et ND en français. Un tel résultat confirme l'hypothèse que les négations NM et ND sont toutes deux méta-représentatives (Moeschler, 2015).

Nos résultats montrent également qu'il n'y a pas de différence significative non plus dans les émotions entre NM et ND en arabe L1. Mais nous avons constaté une différence significative de frustration lors de la lecture de NM et de ND entre le français et l'arabe. Ainsi, les émotions sont plus élevées en L2 qu'en L1 (résultats de démonstration). En examinant les statistiques descriptives, nous trouvons un taux élevé d'engagement lors de l'expérience des phrases françaises pour tous les participantes avec ( $M = 0,67$   $DS = 0,08$ ). Cependant, les lectures de méditation sont faibles avec ( $M = 37$  et  $SD = 0,04$ ). Cela indique que les participantes étaient dans un état de concentration élevé lors de la lecture des phrases négatives, ce qui était également le cas dans l'expérience des phrases arabes pour l'engagement et la méditation, respectivement ( $M = 0,69$  et écart-type = 0,10,  $M = 0,38$  et écart-type = 0,12).

Les résultats montrent par ailleurs une corrélation négative significative dans l'engagement et la frustration en français (valeur  $p < 0,05$ ). Les états

affectifs de frustration et d'engagement des participantes sont élevés au moment où elles commencent à lire, mais diminuent avec le temps. En ce qui concerne l'arabe, aucune corrélation significative n'a été trouvée. La frustration et l'engagement ne sont donc pas très significatifs lors de la lecture de phrases négatives dans la langue maternelle. Comme prévu, la charge cognitive est plus élevée en L2 qu'en L1. Bien que nous n'ayons pas essayé de généraliser les résultats au-delà des participantes à cette étude, les lecteurs sont invités à évaluer par eux-mêmes la pertinence, dans leur propre contexte, des résultats décrits ici.

La présente étude est donc en accord avec la littérature existante sur le fait que la lecture des phrases négatives est plus difficile à traiter et nécessite davantage de concentration que la lecture des phrases affirmatives. De plus, la lecture des phrases négatives en L2 implique un niveau de concentration supérieur à celui en L1. Nous pensons que les NM produisaient plus de frustration que les ND en L2, mais ce n'est pas le cas en raison de faits pragmatiques qui classent à la fois les NM et les ND comme méta-représentatives (Moeschler, 2015).

## 7. Conclusion

Dans cette étude expérimentale, nous avons essayé de mieux comprendre les mécanismes de traitement affectif lors de la lecture de phrases négatives en français L2 et en arabe L1. Nous avons examiné les émotions des apprenantes arabes lors de la lecture de la négation métalinguistique et descriptive en français L2. Un système EEG (Emotiv) a été utilisé pour détecter cinq types d'émotions chez les participantes, à

savoir : la frustration, la méditation, l'excitation et l'engagement. Les résultats ont montré que le type de négation lue par la participante a un effet sur ses réactions affectives et émotionnelles en L1 et L2. Les résultats ont montré que l'engagement en français était très élevé et que la méditation en lecture était faible, ce qui indique que les apprenantes de L2 étaient dans un état de concentration élevée lors de la lecture des phrases négatives.

Nous avons également examiné l'évolution des émotions des participantes lors de la lecture des phrases. Les données ont révélé que les états affectifs de frustration et d'engagement en L2 étaient élevés en début de lecture mais qu'ils diminuent progressivement au fil du temps. En ce qui concerne les phrases en L1, aucune corrélation entre l'engagement et la frustration n'a été prouvée.

Enfin, nous avons comparé les émotions des participantes lors de la lecture des phrases en français et en arabe. Les résultats ont montré qu'il n'y avait pas de différence significative dans les émotions d'engagement, d'excitation et de méditation. Cependant, une différence significative a été détectée entre les taux de frustration en arabe et en français, car les apprenantes de L2 ont montré des taux de frustration plus élevés lors de la lecture des phrases en français.

Cette étude devrait contribuer à une meilleure connaissance des modalités d'acquisition d'une langue seconde (L2), en faisant appel à la linguistique cognitive dans l'enseignement et l'apprentissage des langues étrangères.

## Références

- Allison B.Z., Wolpaw E.W., Wolpaw J.R. (2007). "Brain computer interface systems: Progress and prospects". *British review of medical devices*. 4 (4): 463–474
- Anderson, C.W., Bratman, J.A. (2008). Translating thoughts into actions by finding patterns in brainwave. In Proceedings of the Fourteenth Yale Workshop on Adaptive and Learning Systems, New Haven: CT, 1-6.
- Antonenko, P., Paas, F., Grabner, R. & Van Gog, T. (2010). Using electroencephalography to measure cognitive load. *Educational Psychology Review*, 22, 425–438.
- Basar, E. (1999). Brain function and oscillations: integrative brain functions. *Neurophysiology and Cognitive Processes 2*. Berlin: Springer.
- Citron, F. M. (2012). Neural correlates of written emotion word processing: A review of recent electrophysiological and hemodynamic neuroimaging studies. *Brain and Language*, 122(3), 211–226.
- Clerc, M., Bougrain, L., & Lotte, F. (Eds.). (2016). *Brain-Computer Interfaces 2: Technology and Applications*. John Wiley & Sons.
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC: A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, 108, 204-256.
- Damasio, A. R., & Carvalho, G. B. (2013). The nature of feelings: Evolutionary and neurobiological origins. *Nature Reviews Neuroscience*, 14(2), 143–152.
- Ferstl, E. C., Neumann, J., Bogler, C., & von Cramon, D. Y. (2008). The extended language network: a meta-analysis of neuroimaging studies on text comprehension. *Hum Brain Mapp*, 29(5), 581-593.
- Gevins, A. & Smith, M. E. (2003). Neurophysiological measures of cognitive workload during human computer interactions. *Theoretical Issues in Ergonomic Science*, 4, 113–131.
- Jackendoff, R. (2007). A Parallel Architecture perspective on language processing. *Brain Res*, 1146, 2-22.
- Jacobs, A. M. (2014). Towards a Neurocognitive Poetics Model of literary reading. In R. M. Willems (Ed.), *Towards a Cognitive Neuroscience of Natural Language Use* (pp. 135-159). Cambridge: Cambridge University Press.
- Janisse, M.P. (1977). *Pupillometry: the psychology of the pupillary response*. Washington: Hemisphere Publishing Corporation.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1980). A Theory of Reading - from Eye Fixations to Comprehension. *Psychological Review*, 87(4), 329-354.
- Kaup, B., & Zwaan, R. (2003). Effects of negation and situational presence on the accessibility of text information. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29, 439–446.
- Kaup, B., Lüdtke, J., & Zwaan, R. A. (2006a). Processing negated sentences with contradictory predicates: Is a door that is not open mentally closed? *Journal of Pragmatics*, 38, 1033–1050.
- Kaup, B., Yaxley, R. H., Madden, C. J., Zwaan, R. A., & Lüdtke, J. (2006b). Experiential simulations of negated text information. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 60, 976–990.
- Kaup, B., Zwaan, R. A. & Lüdtke, J. (in press). The experiential view of language comprehension: How is negation represented? In F. Schmalhofer & C.A. Perfetti (Eds.), *Higher level language processes in the brain*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Kissler, J., Assadollahi, R., & Herbert, C. (2006). Emotional and semantic networks in visual word processing: Insights from ERP studies. *Progress in Brain Research*, 156, 147–183.
- Kruger, J. L., Hefer, E., & Matthew, G. (2014). Attention distribution and cognitive load in a subtitled academic lecture: L1 vs. L2. *Journal of Eye Movement Research*, 7(5).
- Lebedev, M. A., & Nicolelis, M. A. (2006). Brain-machine interfaces: past, present and future. *TRENDS in Neurosciences*, 29(9), 536-546.
- LeDoux, J. E. (2012). Rethinking the emotional brain. *Neuron*, 73(4), 653-676.

Lee, C. (2016). Metalinguistically negated versus descriptively negated adverbials: ERP and other evidence. In *Negation and polarity: Experimental perspectives* (pp. 229-255). Springer International Publishing.

Lüdtke, J. & Kaup, B. (2006). Context effects when reading negative and affirmative sentences. In R. Sun (Ed.), *Proceedings of the 28th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 1735-1740). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Mayo, R., Schul, Y., & Burnstein, E. (2004). "I am not guilty" vs "I am innocent": successful negation may depend on the schema used for its

Pitts, A. (2011). Exploring a Pragmatic Ambiguity of Negation. *Language*, 87(2), 346-368.

Prat, C. S., Yamasaki, B. L., Kluender, R. A., & Stocco, A. (2016). Resting-state EEG predicts rate of second language learning in adults. *Brain and language*, 157, 44-50.

Rubaltelli, E., & Slovic, P. (2008). Affective reactions and context-dependent processing of negations. *Judgement and Decision Making*, 3, 607-618.

Szarkowska, A., Krejtz, K., Dutka, Ł., & Pilipczuk, O. (2016). Cognitive load in intralingual and interlingual respeaking—a preliminary study. *Poznan Studies in Contemporary Linguistics*, 52(2), 209-233.

Tian, Y., & Breheny, R. (2016). Dynamic pragmatic view of negation processing. In *Negation and Polarity: Experimental Perspectives* (pp. 21-43). Springer International Publishing.

Tian, Y., Ferguson, H., & Breheny, R. (2016). Processing negation without context—why and when we represent the positive

encoding. *Journal of Experimental Social Psychology*, 40, 433-449.

Moeschler J. (2010), Negation, scope and the descriptive/metalinguistic distinction, *Generative Grammar in Geneva* 6, 29-48.

Moeschler J. (2015c), Qu'y a-t-il de représentationnel dans la négation métalinguistique ? *Nouveaux cahiers de linguistique française* 32, 11-26.

Nordmeyer, A. E., & Frank, M. C. (2014). A pragmatic account of the processing of negative sentences. *Proceedings of the 36th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 2014. Austin, TX: Cognitive Science Society.

argument. *Language, Cognition and Neuroscience*, 31(5), 683-698.

Watanabe, K., Tanaka, H., Takahashi, K., Niimura, Y., Watanabe, K., & Kurihara, Y. (2016). NIRS-Based Language Learning BCI System. *IEEE Sensors Journal*, 16(8), 2726-2734.

Wolpaw, J.R. and Wolpaw, E.W. (2012). *Brain-Computer Interfaces: Something New Under the Sun*. In: *Brain-Computer Interfaces: Principles and Practice*, editors: Wolpaw, J.R. and Wolpaw, E.W. Oxford University Press.

## Remerciements

Les auteures remercient le décanat de la recherche scientifique de King Saud University pour le financement de ce travail par le biais du projet de groupe de recherche numéro RG-1437-022.

## Annexes

**Tableau 1:** Statistiques descriptives des cinq émotions EMOTIV lors des tests de français et d'arabe

<b>French</b>	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Variance
Engagement	.54	.90	.67	.08	.01
Frustration	.25	.87	.52	.13	.02
Meditation	.30	.51	.37	.04	.00
Excitement short-term	.17	.93	.47	.14	.02
Excitement long-term	.00	.93	.43	.15	.02
<b>Arabic</b>					
Engagement	.55	.90	.69	.10	.01
Frustration	.45	.99	.65	.12	.01
Meditation	.32	.46	.38	.04	.00
Excitement short-term	.17	.82	.48	.14	.02
Excitement long-term	.16	.75	.44	.16	.03

**Tableau 2:** Test de corrélation de Spearman de l'émotion et du temps - test de français

Emotion	Correlation		
	Engagement	r-value	-.355**
	p-value	.001	<b>Significant correlation (p-value&lt;0.05)</b>
	N	91	
Frustration	r-value	-.538**	Negative relation
	p-value	.000	<b>Significant correlation (p-value&lt;0.05)</b>
	N	91	
Meditation	r-value	.201	Positive relation
	p-value	.055	Not significant correlation (p-value >0.05)
	N	91	

Excitement short-term	r-value	-.146	Week negative correlation
	p-value	.166	Not significant correlation (p-value >0.05)
	N	91	
Excitement long-term	r-value	.140	Week positive correlation
	p-value	.186	Not significant correlation (p-value >0.05)
	N	91	

**Tableau 3:** Test de corrélation de Spearman de l'émotion et du temps - test d'arabe

Emotion	Correlation		
Engagement	r-value	-.430**	Negative relation
	p-value	.010	Significant correlation (p-value <0.05)
	N	35	
Frustration	r-value	-.025	Negative relation
	p-value	.889	Not significant correlation (p-value >0.05)
	N	35	
Meditation	r-value	.280	Positive relation
	P-value	.103	Not significant correlation (p-value >0.05)
	N	35	
Excitement short-term	r-value	.050	No correlation
	p-value	.777	Not significant
	N	35	
Excitement long-term	r-value	.413*	Positive correlation
	p-value	.014	Significant correlation
	N	35	