



HAL
open science

Identification des émotions chez des patients atteints de gliomes de bas grade versus accidents vasculaires cérébraux

V. Du Boullay, M. Plaza, L. Capelle, L. Chaby

► **To cite this version:**

V. Du Boullay, M. Plaza, L. Capelle, L. Chaby. Identification des émotions chez des patients atteints de gliomes de bas grade versus accidents vasculaires cérébraux. *Revue Neurologique*, 2013, 169 (3), pp.249-257. 10.1016/j.neurol.2012.06.017 . hal-03179430

HAL Id: hal-03179430

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-03179430>

Submitted on 23 May 2024

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

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

Manuscript Number: NEUROL-D-11-00101R2

Title: Identification des émotions chez des patients atteints de gliomes de bas grade vs. accidents vasculaires cérébraux

Article Type: Mémoire

Keywords: plasticité cérébrale; gliomes de bas grade; accidents vasculaires cérébraux; reconnaissance des émotions; intermodalité.

Corresponding Author: Mrs Viviane du Boullay, Ph.D student

Corresponding Author's Institution: Cnrs

First Author: viviane du Boullay, PhD Student

Order of Authors: viviane du Boullay, PhD Student; Monique Plaza, PhD; Laurent Capelle, M.D; Laurence Chaby, PhD

Abstract: RESUME

Introduction. - Les expressions émotionnelles faciales et vocales contribuent à assurer des relations sociales de bonne qualité. Leur identification peut être perturbée au décours de pathologies cérébrales. Qu'elles soient d'installation lente comme les gliomes de bas grade (GBG), ou d'installation brutale comme les accidents vasculaires cérébraux (AVC), les lésions cérébrales induisent des processus différents de plasticité et de réorganisation.

Méthode. - Nous comparons l'identification faciale, vocale et intermodale de six émotions (joie, peur, colère, tristesse, dégoût et neutre) de trois groupes : des patients avec GBG avant et après l'exérèse, de patients avec AVC et de sujets contrôles.

Résultats. - Nos résultats révèlent une préservation des capacités d'identification des émotions chez les patients avec GBG en préopératoire et un infléchissement en postopératoire ainsi qu'une baisse des performances chez les patients avec AVC pour les émotions négatives. La condition intermodale (présentation simultanée d'un stimulus visuel et auditif) améliore les résultats de tous les groupes et permet aux sujets avec AVC d'obtenir des résultats comparables à ceux des sujets contrôles.

Conclusion. - La variabilité de la plasticité cérébrale en fonction du type et de la vitesse d'installation des lésions pourrait expliquer les différences de résultats entre les groupes. L'intermodalité apparaît comme un processus compensatoire.

SUMMARY

Introduction. - Facial and vocal emotions contribute to sustain efficient social relationships. Their identification is susceptible of being impaired during brain pathologies. In case of slow-growth tumours (Low Grade Gliomas, LGG) or sudden stroke (cerebrovascular accidents, CVA), the lesions induce contrasted plasticity and reorganisation processes.

Methods. - We compare the facial, vocal and intermodal identification of six emotions (happiness, fear, anger, sadness, disgust and neutral) of three groups: patients with LGG before and after tumour resection, patients with CVA and control subjects.

Results. - The results reveal in LGG patients efficient performances reducing after tumour resection and in CVA patients weak performances regarding negative emotions. The intermodal condition

(simultaneous visual and vocal association) ameliorates all groups' performances and allows the CVA subjects to perform similarly than control subjects.

Conclusion. - The variability of brain plasticity relative to the type and installation speed of the lesions could explain the observed differences between the groups. Intermodal processing appears as a compensatory condition.

**Identification des émotions chez des patients atteints
de gliomes de bas grade vs. accidents vasculaires cérébraux**

Identification of emotions in patients with
low-grade gliomas vs. cerebrovascular accidents

Viviane du Boullay¹, Monique Plaza¹, Laurent Capelle², Laurence Chaby^{1,3}

¹ Cnrs, UMR 7222, ISIR, 4 Place Jussieu, 75252 Paris cedex, France

² Service de Neurochirurgie, AP-HP, Hôpital Pitié-Salpêtrière, 47-83, Boulevard de l'Hôpital,
75651 Paris, Cedex 13, France

³ Université Paris Descartes, Sorbonne Paris Cité, Institut de Psychologie, Boulogne-
Billancourt, France

Pour correspondance : Viviane du Boullay
Cnrs UMR 7222
Groupe Intégration Multimodale, Interaction et Signal Social
4 Place Jussieu
75252 Paris cedex, France
+33 (0)1 42 16 23 94
vivane.du.boullay@gmail.com

RESUME

1
2 *Introduction.* – Les expressions émotionnelles faciales et vocales contribuent à assurer des
3 relations sociales de bonne qualité. Leur identification peut être perturbée au décours de
4 pathologies cérébrales. Selon qu'elles sont d'installation lente comme les gliomes de bas
5 grade (GBG), ou d'installation brutale comme les accidents vasculaires cérébraux (AVC), les
6 lésions cérébrales induisent des processus différents de plasticité et de réorganisation.

7
8 *Méthode.* – Nous comparons l'identification faciale, vocale et intermodale de six émotions
9 (joie, peur, colère, tristesse, dégoût et neutre) de trois groupes : patients avec GBG avant et
10 après l'exérèse, patients avec AVC et sujets contrôles.

11
12 *Résultats.* – Nos résultats révèlent une préservation des capacités d'identification des
13 émotions chez les patients avec GBG en préopératoire et un infléchissement en
14 postopératoire, ainsi qu'une baisse des performances chez les patients avec AVC pour les
15 émotions négatives. La condition intermodale (présentation simultanée d'un stimulus visuel et
16 auditif) améliore les résultats de tous les groupes et permet aux sujets avec AVC d'obtenir des
17 résultats comparables à ceux des sujets contrôles.

18
19 *Conclusion.* – La variabilité de la plasticité cérébrale en fonction du type et de la vitesse
20 d'installation des lésions pourrait expliquer les différences de résultats entre les groupes.
21 L'intermodalité apparaît comme un processus compensatoire.

22
23
24 **Mots-clés** : plasticité cérébrale, gliomes de bas grade, accidents vasculaires cérébraux,
25 reconnaissance des émotions, intermodalité.

SUMMARY

26
27
28
29 *Introduction.* – Facial and vocal emotions contribute to sustain efficient social relationships.
30 Their identification is susceptible of being impaired during brain pathologies. In case of slow-
31 growth tumours (Low Grade Gliomas, LGG) or sudden stroke (cerebrovascular accidents,
32 CVA), the lesions induce contrasted plasticity and reorganisation processes.

33
34 *Methods.* – We compare the facial, vocal and intermodal identification of six emotions
35 (happiness, fear, anger, sadness, disgust and neutral) of three groups: patients with LGG
36 before and after tumour resection, patients with CVA and control subjects.

37
38 *Results.* – The results reveal in LGG patients efficient performances reducing after tumour
39 resection and in CVA patients weak performances regarding negative emotions. The
40 intermodal condition (simultaneous visual and vocal association) ameliorates all groups'
41 performances and allows the CVA subjects to perform similarly than control subjects.

42
43 *Conclusion.* – The variability of brain plasticity relative to the type and installation speed of
44 the lesions could explain the observed differences between the groups. Intermodal processing
45 appears as a compensatory condition.

46
47
48 **Key words**: brain plasticity, low-grade gliomas, sudden vascular accidents, emotion
49 identification, intermodality.

1. Introduction

L'interprétation des informations émotionnelles est fondamentale pour les interactions sociales quotidiennes. La reconnaissance des émotions, composante essentielle de la communication non verbale, se fonde sur la gestuelle, la posture, les expressions du visage et de la voix (Russel et al., 2003). Identifier les expressions faciales et vocales permet d'inférer les états mentaux d'autrui, de s'adapter à son comportement et de prédire ses actions (Krolac-Salmon et al., 2006). La combinaison des différents canaux sensoriels optimise le traitement cognitif. Reposant sur l'interaction précoce et automatique des modalités, elle permet une amélioration des performances et une accélération de la vitesse de traitement. Ce bénéfice de l'intermodalité, observé dans la population saine (Laurienti et al., 2006 ; Hunter et al., 2010) et chez des patients parkinsoniens (Paulmann et al., 2010), a été rarement étudié dans la population neurologique (McDonald et al., 2005).

Le traitement des émotions implique un réseau distribué de régions cérébrales interconnectées incluant en particulier les structures limbiques, le cortex temporo-pariétal et frontal (Gobbini et al., 2007), de façon plus marquée dans l'hémisphère droit (Borod et al., 2002; de Gelder et al., 2000). Certaines structures cérébrales sont particulièrement associées à la reconnaissance de chaque émotion de base, indépendamment de leur modalité de présentation, faciale ou vocale (Peelen et al., 2010). Le traitement intégré des deux modalités implique des réseaux cérébraux distribués (Collignon et al., 2010), dans lesquels les régions temporales supérieures postérieures gauches jouent un rôle prépondérant (Pourtois et al., 2005).

Les troubles de l'interprétation des émotions ont été étudiés dans les pathologies psychiatriques ou neuro-dégénératives en raison de leur impact sur la cognition sociale et la qualité de vie (e.g., Green et Leitman, 2008 ; Chaby et Narme, 2009). On ignore en revanche

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

si –et comment– de tels troubles sont présents dans des pathologies cérébrales dont le mode de développement est différent.

Les lésions cérébrales peuvent, en effet, être d’installation soudaine ou lente. Elles apparaissent en quelques heures en cas de traumatisme ou d’accident vasculaire cérébral (AVC) ; la plasticité cérébrale est alors imprévisible, et dans la plupart des cas limitée, avec une réorganisation partielle qui s’accompagne souvent de déficits fonctionnels importants (Rossini et al., 2003). Le pattern est différent dans les gliomes de bas grades (GBG) ou gliomes de grade II selon l’OMS, car leur développement est lent. Ces tumeurs cérébrales sont les plus fréquentes du système nerveux central (40 à 50 %) et elles représentent 15 à 20% des tumeurs gliales (Walker et al., 2003). On y distingue les astrocytomes, les oligodendrogliomes et les gliomes mixtes (oligoastrocytomes). L’évolution se déroule en trois phases qui se traduisent par une croissance locale, une invasion progressive de la substance blanche, et enfin une transformation anaplasique (Bonnetblanc et al., 2006, Duffau, 2005). Le caractère infiltrant permet une réorganisation graduelle et régulière s’étalant sur plusieurs années; on ne relève alors guère de déficits et on peut même réséquer une zone dite « éloquente » sans conséquence fonctionnelle (Duffau et al., 2003). Les études réalisées à ce jour sur les GBG concernent essentiellement des fonctions motrices, visuo-spatiales et langagières.

Les travaux concernant le traitement émotionnel dans la population cérébro-lésée étant peu nombreux, en particulier dans sa composante intermodale, nous avons examiné les performances de deux groupes de patients AVC et GBG lors d’une tâche de reconnaissance des émotions de base. Nous avons cherché à déterminer si le mode d’installation et les mécanismes de réorganisation cérébrale associés engendraient des différences de traitement émotionnel entre ces patients comme il en existe pour les activités motrices et langagières.

2. Méthode

2.1. Population

Elle se compose de trente-neuf participants, treize patients et vingt-six sujets contrôles.

Sept patients, atteints de gliome de grade II (gliome de bas grade, GBG), ont été recrutés dans le service de Neurochirurgie de l'Hôpital de la Salpêtrière. Ils ont été examinés lors de la consultation neuropsychologique préopératoire environ un mois avant l'intervention chirurgicale, puis en période postopératoire dans un délai inférieur à 6 jours après l'exérèse chirurgicale de leur tumeur, dans leur chambre. Ils bénéficiaient tous après l'intervention du même traitement antalgique (Paracétamol), sans modification de la vigilance.

Six patients, ayant souffert d'un accident vasculaire cérébral (AVC), ont été recrutés dans le service de Neurologie de l'Hôpital Tenon, et examinés dans un délai inférieur à 30 jours après les accidents vasculaires qui étaient d'origine ischémique sans transformation hémorragique. Tous les patients étaient médicalement stables au moment de l'examen. Ont été exclus ceux qui présentaient des troubles aphasiques ou neurocognitifs pouvant compromettre la passation du protocole.

Vingt-six sujets sains appariés aux patients par l'âge, le sexe et le niveau d'étude ont constitué le groupe contrôle. Ils étaient de langue maternelle française, n'avaient aucun antécédent de troubles neurologiques ou psychiatriques, leur score de dépression à la Beck Depression Inventory (BDI II, Beck et al., 1996) était inférieur à 15 et leurs capacités visuelles étaient normales. Tous ont signé un formulaire de consentement éclairé.

2.2. Matériel

La reconnaissance des émotions de base a été évaluée à partir de 60 émotions faciales sélectionnées dans la base « Karolinska Directed Emotional Faces Database » (Lundqvist et

1
2 al., 1998) et 60 émotions vocales sélectionnées dans la base « The Montréal Affective
3 Voices » (Belin et al., 2008). Les 10 visages en couleur et les 10 voix (5 hommes, 5 femmes
4 pour chaque modalité) étaient présentés avec six émotions différentes (joie, colère, peur,
5 tristesse, dégoût et neutre).
6
7

8
9 Chaque sujet était installé devant un écran d'ordinateur et testé individuellement en une
10 seule séance. L'épreuve d'identification d'émotions comportait trois conditions : visuelle
11 (présentation des émotions faciales), auditive (présentation des émotions vocales), et
12 intermodale (présentation simultanée et congruente d'une émotion faciale et vocale). Chaque
13 condition comportait 60 essais, soit un total de 180 essais. Quelle que soit la modalité, la tâche
14 du sujet consistait à identifier l'émotion exprimée. Pour cela, il devait cliquer le plus
15 rapidement possible à l'aide de la souris sur l'une des six étiquettes comportant le nom de
16 l'émotion et présentées en bas de l'écran. Les bonnes réponses et les temps de réponses
17 correspondants étaient enregistrés.
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30

31 32 33 34 **2.3. Traitement statistique**

35
36 Compte tenu du nombre restreint de sujets et de l'hétérogénéité des variances, les
37 comparaisons ont été réalisées au moyen de tests non paramétriques. Pour les comparaisons
38 des 3 groupes (GBG, AVC, contrôles), nous avons utilisé l'analyse de variance à 1 facteur de
39 Kruskal-Wallis, puis nous avons complété les analyses par des comparaisons post-hoc 2 à 2
40 utilisant le test de Mann-Whitney. Les comparaisons intra-groupes ont été effectuées avec
41 l'ANOVA de Friedman et le test de Wilcoxon. Le seuil de significativité statistique retenu
42 était de 0,05 (ou 0,008 avec ajustement de Bonferroni en cas de comparaison intra-émotions).
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

3. Résultats

Sept patients avec GBG (5 hommes, 2 femmes) âgés de 21 à 61 ans ($m = 35,50 \pm 12,71$), six patients avec AVC (3 hommes, 3 femmes) âgés de 33 ans à 64 ans ($m = 49,83 \pm 11,62$) et 26 sujets témoins ont été inclus dans l'étude. Les caractéristiques démographiques et cliniques des patients sont présentées dans le Tableau 1.

[Insérer Tableau 1]

3.1. Comparaison entre les groupes

Les scores et les temps de réponses obtenus par les deux groupes de patients et le groupe contrôle sont présentés dans le Tableau 2.

[Insérer Tableau 2]

Une analyse des rangs de Kruskal-Wallis sur les scores n'indique pas d'effet significatif de groupe, avec plus de 80% de bonnes réponses pour les patients et les contrôles (tous les $p > 0,05$). En revanche, il apparaît un effet significatif du groupe pour le temps de réponse total ($K(2) = 6,03$; $p < 0,05$) en modalité visuelle ($K(2) = 6,33$; $p < 0,05$), tandis que l'on n'observe qu'une tendance en modalité auditive ($p < 0,06$) et intermodale ($p < 0,07$). Nous avons ensuite affiné les éventuelles différences entre les groupes (GBG vs. Contrôles ; AVC vs. Contrôles ; GBG vs. AVC) dans chaque modalité, puis pour chaque émotion dans chaque modalité, avec des tests de U de Mann-Whitney.

L'analyse (Fig. 1) révèle que les scores et les temps de réponses des patients GBG et ceux des contrôles ne diffèrent pas (tous les $p > 0,1$) quelle que soit la modalité. En revanche, les patients AVC sont moins performants et plus lents que les sujets contrôles en modalité auditive ($p < 0,05$ dans les deux cas) et en modalité visuelle ($p = 0,064$ pour les scores ; $p <$

0,02 pour les temps). En condition intermodale, les patients AVC ont des scores comparables aux sujets contrôles ($p > 0,1$) mais ils sont significativement plus lents ($p < 0,05$).

La comparaison entre les deux groupes de patients révèle que les patients AVC et GBG ont des scores et des temps de réponse comparables en modalité visuelle ($p > 0,1$ dans les deux cas) et auditive ($p > 0,06$ dans les deux cas). En condition intermodale, les scores des patients AVC sont inférieurs à ceux des GBG ($p < 0,05$), tandis que leurs temps de réponse ne diffèrent pas ($p < 0,1$).

[Insérer Figure 1]

Une analyse comparative des patients (GBG, AVC) et de leurs contrôles pour chaque émotion a été réalisée. Elle révèle que : pour les scores, les patients GBG et les patients AVC ne diffèrent pas des contrôles (tous les $p > 0,008$) ; pour les temps de réponses, les patients GBG ne diffèrent pas des contrôles (tous les $p > 0,1$), tandis que les patients AVC sont significativement plus lents que les sujets contrôles en visuel pour la joie et en intermodal pour la joie et la colère ($p \leq 0,008$).

3.2 Analyses individuelles

Compte tenu de la petite taille et de l'hétérogénéité de chaque groupe, une analyse individuelle a été réalisée et chaque patient a été représenté individuellement par rapport à la moyenne du groupe contrôle (Fig 2).

[Insérer Figure 2]

Les performances de chaque patient (scores et les temps de réponses) ont ensuite été comparées à la normale en convertissant leurs données en Z-score ($[(\text{moyenne du patient}) - (\text{moyenne du groupe contrôle})]/(\text{écart-type du groupe contrôle})$) dans les trois modalités. Un score inférieur à -1,9 écart type (probabilité de 5%) était considéré comme déficitaire.

1
2 Pour les scores, dans le groupe des GBG, un seul patient, présentant une tumeur
3 frontale droite (patient 7), est déficitaire en modalité visuelle (-2,6 Ety) et en modalité
4 auditive (-2,4 Ety). Dans le groupe des AVC, un patient présentant une lésion fronto-temporo-
5 pariétale droite (patient 12), est fortement déficitaire dans toutes les modalités (entre -5,5 et -
6 8,1 Ety). Une autre patiente, dont la lésion est située en pariétal gauche (patiente 11), présente
7 un déficit exclusivement en intermodal (-2,5 Ety). Les lésions des patients présentant des
8 déficits dans au moins une des deux modalités ayant pour point commun d'être situées à
9 droite, nous avons ensuite contrôlé l'influence de la latéralité des sites impliqués sur les scores
10 de bonnes réponses. Cette variable ne semble pas influente, les différences de scores en
11 fonction de la latéralité n'étant significatives dans aucune des modalités (respectivement $p >$
12 $0,2$, $p > 0,1$ et $p > 0,7$ en visuel, auditif et intermodal).
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

26 Pour les temps de réponses, dans le groupe des GBG, une seule patiente (patiente 5)
27 présentant une lésion fronto-temporo-insulaire gauche est fortement ralentie en modalité
28 visuelle (-2,3 Ety). Dans le groupe des AVC, un patient présentant une lésion capsulo-
29 lenticulaire gauche (patient 8) est ralenti en modalité visuelle (-1,77 Ety). Un autre patient,
30 avec une lésion fronto-temporo-pariétale gauche (patient 13) est ralenti en condition
31 intermodale (-2,47 Ety). Enfin, le patient 12 (qui présente un déficit pour les BR dans toutes
32 les modalités) est également ralenti dans toutes les conditions (entre -5,5 et -10,1 Ety).
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45

46 **3.3 Comparaison intragroupes**

47

48 Les analyses ont été poursuivies dans chaque groupe avec une ANOVA de Friedman afin
49 de tester le bénéfice de l'intermodalité. Les analyses des scores et des temps de réponse
50 révèlent un bénéfice de l'intermodalité chez les patients GBG, les patients AVC et les sujets
51 contrôles (tous les $\chi^2(2) > 10$ et $p < 0,01$), avec des performances systématiquement plus
52 élevées et des temps de réponse plus courts en condition intermodale qu'en condition
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

1 unimodale visuelle ou auditive (tous les $p < 0,05$). Les scores et les temps de réponse en
2 conditions visuelle et auditive ne diffèrent pas (tous $z > 0,7$ et $p > 0,07$).
3

4 Lorsque l'on compare, pour chaque patient, les performances en condition intermodale à
5 celles de la meilleure modalité (t-tests appariés), le bénéfice est en moyenne de 4 bonnes
6 réponses supplémentaires sur 60 ($p < 0,05$) et une réduction de 681 ms des temps de réponse
7 ($p < 0,001$).
8
9

10 Le gain dû à l'intermodalité a ensuite été calculé pour les scores et les temps de réponse
11 de chaque patient à l'aide de la formule : $[(meilleure\ modalité-intermodal)/intermodal]$. Le
12 gain est observé chez 6/7 patients GBG, pour 6/6 patients AVC et chez 25/26 sujets contrôles
13 (24/26 pour les temps de réponse). Pour les scores, un test de Kruskal-Wallis indique une
14 différence significative entre les groupes ($K(2) = 6,47$; $p < 0,05$). Une comparaison des
15 groupes deux à deux indique que le gain est plus important chez les patients AVC que chez
16 les CTRL ($p = 0,03$). Le gain temporel est observé aussi bien pour les patients AVC et GBG
17 que pour les sujets contrôles, sans différence significative entre les groupes ($K(2) = 0,21$; $p >$
18 $0,05$).
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35

36 Des analyses intragroupes ont également été réalisées pour tester l'effet de l'émotion
37 (toutes modalités confondues). Les analyses indiquent un effet significatif de l'émotion chez
38 les patients GBG, les patients AVC et les sujets contrôles (tous les $\chi^2(2) > 22$ et $p < 0,001$).
39 La joie et le neutre sont les deux émotions les mieux reconnues et la colère est la plus difficile
40 à identifier par tous les participants.
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50

51 **3.4. Décours temporel des patients GBG en pré- et postopératoire**

52 L'analyse descriptive des résultats en pré- et en postopératoire chez les patients GBG
53 révèle une baisse globale des performances d'environ 10 % après la chirurgie ($z = -2$, $p <$
54 $0,04$). Cette baisse de performance pré-post n'est pas significative en condition unimodale
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

1 visuelle (83,3 % – 74,5% ; $p > 0,09$) et auditive (87,1 % – 81,0 % ; $p > 0,08$) alors qu'elle est
2 plus marquée en condition intermodale (98,3 % – 84,8 % ; $z = -2,3$; $p < 0,02$). Ainsi, après
3
4 l'intervention chirurgicale, les patients GBG sont significativement moins performants que les
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

Plus précisément, la baisse des performances en postopératoire n'est pas identique pour toutes les émotions. Les performances pour la joie et le neutre sont similaires (respectivement 98,57 % – 95,52 % et 97,62 % – 95,24% ; $p > 0,2$), et on note un infléchissement non significatif pour le dégoût (85,7 % – 75,71 % ; $p = 0,3$), la colère (75,77 % – 61,62% ; $z = -2$, $p = 0,04$), la peur (86,67 % – 71,90 % ; $p = 0,6$) et la tristesse (93,33 % – 76,6 % ; $z = -1,7$, $p = 0,07$). En outre, les patients GBG en postopératoire sont moins performants que les sujets contrôles pour la tristesse, la colère et le dégoût, mais cette différence n'est pas statistiquement significative (tous les $p \geq 0,008$).

4. Discussion

Notre objectif était d'étudier l'identification de six émotions visuelles, vocales et intermodales chez des patients cérébrolésés dont les lésions cérébrales étaient d'évolution temporelle différente. Nous avons comparé les performances de patients avec AVC, avec GBG (avant et après exérèse) et d'un groupe contrôle.

La revue de la littérature sur les GBG montre que les fonctions cognitives préopératoires des patients sont relativement intègres (Duffau et al., 2003). Le langage apparaît préservé même lorsque la tumeur touche des aires éloquentes telles que la zone de Broca (Plaza et al., 2009), le striatum (Duffau et al. 2006 ; Gil-Robbles et al., 2005) ou le

1 cortex préfrontal dorsolatéral (Plaza et al., 2008). Notre recherche révèle que l'identification
2 des émotions est également intègre chez ces patients, comme l'avaient constaté Baird et al.
3
4 (2006) dans une étude de cas unique.
5
6

7 Le constat de la préservation des fonctions cognitives malgré l'infiltration tumorale
8 plaide en faveur des modèles dynamiques de réorganisation cérébrale fondés sur une approche
9 connexionniste. Les modèles connexionnistes, qui privilégient l'existence de réseaux
10 cérébraux distribués cortico-sous-corticaux parallèles, sont particulièrement pertinents pour
11 rendre compte de fonctions cognitives telles que la reconnaissance des émotions, dont le
12 traitement implique un réseau distribué (Sabatinelli et al., 2010). Comme l'ont montré de
13 nombreuses études en imagerie (Duffau et al., 2003 ; Duffau et al., 2005 ; Duffau et al., 2006 ;
14 Gil-Robbles et al., 2008), l'installation lente et progressive des GBG permet, grâce aux
15 mécanismes de plasticité et de connectivité cérébrales, une réorganisation fonctionnelle
16 compensatoire limitant ou empêchant les déficits (Bonnetblanc, 2006). Dans notre étude, nous
17 n'observons qu'une seule perturbation (le dégoût en modalité visuelle) sur les 18 conditions
18 testées. La spécificité du traitement du dégoût est à mettre en relation avec la forte proportion
19 dans notre échantillon de sujets dont la lésion inclut l'insula, région impliquée dans la
20 reconnaissance du dégoût (Jehna et al., 2011).
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40

41 Comparativement aux patients avec GBG, les patients ayant souffert d'un AVC ont
42 plus de difficultés à reconnaître les émotions. Ils sont globalement moins performants et plus
43 lents que les sujets contrôles et significativement déficitaires dans la modalité auditive. Ces
44 résultats rejoignent ceux de Williams et al. (2010) en modalité visuelle et de Hornak et al.
45 (2003) en modalité auditive chez des patients dont les lésions étaient d'étiologies variées mais
46 d'installation brutale. La supériorité de la reconnaissance visuelle sur la reconnaissance
47 vocale, constatée également par Hornak, semble s'expliquer par la meilleure distribution des
48 projections en visuel qu'en auditif, ce qui avantage le traitement des expressions faciales. Les
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
difficultés des patients AVC de notre étude ne peuvent s'expliquer par un déclin global des fonctions cognitives ou par un déficit attentionnel puisque chaque patient obtient un score de 100% dans les deux modalités pour au moins une des émotions (neutre pour quatre d'entre eux et joie pour les deux autres). Les déficits que l'on observe semblent donc davantage résulter de la perturbation de la reconnaissance de certaines émotions que d'une difficulté générale de traitement de l'information. Concernant les temps de réponses, l'examen des résultats bruts individuels des patients AVC indique une dissociation entre un déficit dans l'une des deux modalités ou dans certaines émotions, et de bons résultats dans d'autres conditions. En revanche, la lenteur de l'un des patients dans toutes les conditions (patient 12), suggère l'existence d'un ralentissement général, souvent décrit comme une caractéristique centrale des patients vasculaires (Godefroy et al., 2010). Dans la mesure où les patients AVC reconnaissent toutes les émotions à plus de 65%, ce qui constitue un déficit modéré, on constate que les effets des lésions vasculaires sont partiels et très variables d'un sujet à l'autre, en dépit de tableaux cliniques initiaux similaires (Rossini et al., 2003).

34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
En général, récupération et retour à une organisation fonctionnelle optimale du cerveau vont de pair (Cramer, 2008 ; Rijntjes et al., 2002). Récemment, Keidel et al. (2010) ont proposé un modèle neurocomputationnel afin de définir les effets contrastés des deux types d'atteintes cérébrales (AVC et GBG) basé sur le décours temporel de la lésion et le pattern de connectivité. Pour les AVC, la plasticité cérébrale interviendrait moins sur les voies d'associations profondes, ne permettant pas de compenser la déconnexion des aires éloignées (Bonnetblanc, 2006 ; Chollet et Weiller, 1994). En contraste, le développement lent des GBG épargne initialement une partie des tissus, assurant le maintien des fonctionnalités, parfois au sein même de la tumeur, pendant plusieurs années. De ce fait, AVC et GBG, même localisés dans les mêmes sites, pourraient avoir des effets différents non seulement sur le langage (Anderson et al., 1990), mais également sur les émotions.

1 Notre étude indique qu'immédiatement après l'intervention chirurgicale, les patients
2 GBG identifient moins bien les émotions dans toutes les conditions. Cette altération
3
4 transitoire du traitement des émotions, qui a été constatée pour d'autres fonctions cognitives
5
6 (Plaza et al., 2009, Duffau et al., 2003, Duffau et al., 2006, Gil-Robles et al., 2005), pourrait
7
8 s'expliquer par l'effet déstabilisant de la résection tumorale sur les réseaux qui s'étaient
9
10 réorganisés au cours de l'infiltration tumorale sur un mode intra-lésionnel, périphérique, intra-
11
12 hémisphérique ou controlatéral (Bonnetblanc, 2006 ; Keidel et al., 2010).
13
14

15
16 Les déficits des patients avec GBG après exérèse et des patients avec AVC ne
17
18 concernent cependant pas toutes les émotions : la joie est toujours reconnue à plus de 90%, et
19
20 les émotions les plus altérées sont le dégoût, la peur et surtout la colère. Cet effet de valence
21
22 émotionnelle a déjà été antérieurement observé et apparaît plus accentué dans la population
23
24 cérébrolésée (Mac Donald et al., 2009 ; Williams et al., 2010). Quant à la grande variabilité
25
26 interindividuelle, qui apparaît dans toutes ces études, elle pourrait être liée à la diversité de
27
28 taille et de localisation des lésions des patients inclus dans les recherches.
29
30
31

32
33 En ce qui concerne la latéralisation droite ou gauche des lésions, nos résultats sont
34
35 contrastés. Si les deux patients dont les scores sont les plus déficitaires ont, conformément
36
37 aux données de la littérature, des lésions droites, nous n'avons pas observé dans cette étude
38
39 d'influence de la latéralité sur les performances. Le ralentissement apparaît ici
40
41 majoritairement (pour trois patients sur quatre) en cas de lésion gauche alors qu'il est
42
43 habituellement observé aussi bien en cas de lésions droites ou gauches (Godefroy et al.,
44
45 2010). Un patient avec AVC dont la lésion est en pariétal gauche présente des déficits
46
47 uniquement en condition intermodale, ce qui confirme le recrutement préférentiel de cette
48
49 zone lors du traitement intermodal. Toutes ces données plaident en faveur d'un traitement
50
51 bilatéral des émotions, comme l'ont montré quelques études en IRMf (Berthoz et al., 2002).
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54

Enfin, notre étude confirme l'avantage de l'intermodal sur l'unimodal (Kreifelts et al., 2007, Collignon et al., 2008, 2010, Pourtois et al. 2005). Le bénéfice intermodal se traduit par une amélioration des scores et des temps de réponse lorsque les émotions sont présentées simultanément en auditif et en visuel plutôt que dans l'une ou l'autre des modalités. Nous l'observons dans les trois groupes pour les scores et les temps de réponse. Chez les patients AVC, le gain plus important de l'intermodal permet de compenser les déficits pour traiter les émotions en condition visuelle ou auditive. Ce bénéfice de l'intermodal s'expliquerait par un processus précoce d'intégration des informations issues de canaux différents (autour de 200 ms), qui intervient avant que chaque modalité ne soit traitée individuellement (Paulmann et al., 2009). Pendant que les traitements spécifiques de chaque modalité (visuelle ou auditive par exemple) activent des populations de neurones, la fusion des différentes informations et leur traitement s'effectuent de manière intégrative (Paulmann et Pell, 2010) ce qui, d'un point de vue cérébral, se traduit par un principe de rétroactivité (Driver et Spence, 2000). Des processus top-down se produisent entre les aires uni-sensorielles et multi-sensorielles, par exemple entre le gyrus fusiforme et l'amygdale (Dolan et al., 2001). Grâce à la participation de processus perceptuels précoces et conceptuels tardifs dans l'intégration intermodale (Föcker et al., 2011), l'intermodalité et la redondance des traitements qui l'accompagne permettent aux patients de compenser l'un des deux réseaux unimodaux éventuellement déficients. Ces résultats sont cliniquement intéressants, car ils suggèrent des adaptations possibles dans la vie quotidienne. Les situations spontanées de reconnaissance des émotions y étant plus souvent intermodales qu'unimodales, l'intermodalité permettrait de compenser l'infléchissement de la reconnaissance des émotions, et donc de réduire des problèmes d'ajustement social.

55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

Cette étude exploratoire comporte des limites. La première est la petite taille de chaque groupe et son hétérogénéité. La seconde est l'absence d'harmonisation de l'évaluation

1 neuropsychologique proposée aux patients. De ce fait, nos recherches en cours incluent un
2 grand nombre de patients, tous évalués avec le même protocole, ce qui nous permet d'établir
3
4 des corrélations entre les performances émotionnelles, les profils cognitifs et la nature des
5
6 lésions (type, localisation, latéralisation, nombre de régions cérébrales concernées).
7
8
9

10 11 12 **5. Conclusion**

13
14
15 Cette étude portant sur la reconnaissance des émotions faciales et vocales montre une
16
17 préservation des capacités chez les patients porteurs de gliomes de bas grade et, un déficit
18
19 modéré chez les patients victimes d'accidents vasculaires cérébraux. Chez les patients avec
20
21 gliomes de bas grade, les réorganisations intra, péri, extra et contro-lésionnelles expliquent à
22
23 la fois l'absence de déficit en préopératoire et l'infléchissement des performances en
24
25 postopératoire immédiat. Les déficits concernent plus particulièrement les émotions négatives.
26
27 Cependant, les patients vasculaires, comme les autres populations, bénéficient de la situation
28
29 intermodale ce qui implique la compensation au moins partielle de leurs défaillances
30
31 unimodales, et la minoration des répercussions de leur trouble dans la vie quotidienne.
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43

44 **Remerciements**

45
46
47 Nous remercions le Docteur S. Alamowitch de l'Hôpital Tenon de nous avoir accueillis dans
48
49 son service. Nous remercions également Nicolas Bodeau pour son aide dans les traitements
50
51 statistiques des données.
52
53
54

55 **Déclaration de conflit d'intérêt**

56
57
58
59 Aucun
60
61
62
63
64
65

Références

- 1
2
3 Anderson S, Damasio H, Tranel D. Neuropsychological Impairments Associated With
4
5 Lesions Caused by Tumor or Stroke. *Arch Neurol* 1990;47:397-405.
6
7
8
9 Baird A, Dewar BC. Social and emotional functions in three patients with medial frontal lobe
10
11 damage including the anterior cingulate cortex. *Cogn Neuropsychiatry* 2006;11:369-
12
13 388.
14
15
16
17 Beck AT, Steer RA, Brown GK. Manual for the Beck Depression Inventory-II. San Antonio,
18
19 Psychological Corporation; 1996.
20
21
22 Belin P, Fillion-Bilodeau S, Gosselin F. The Montreal Affective Voices: A validated set of
23
24 nonverbal affect bursts for research on auditory affective processing. *Behav Res*
25
26 *Methods* 2008;40:531-539.
27
28
29 Berthoz S, Blair R.J.R, Le Clech G, Martinot J.L. Emotions: From neuropsychology to
30
31 functional imaging. *Int J Psychol.* 2002;37:4, 193-203.
32
33
34 Bonnetblanc F, Desmurget M, Duffau H. Gliomes de bas grade et plasticité cérébrale :
35
36 implications fondamentales et cliniques. *Médecine Sciences* 2006;22:389-394.
37
38
39 Borod J.C, Bloom R.L, Brickman A.M , Nakhutina L, Curko E.A. Emotional Processing
40
41 Deficits in Individuals With Unilateral Brain Damage. *Applied*
42
43 *Neuropsychology*;2002;9:1,23-36
44
45
46 Chaby L, Narme P. La reconnaissance des visages et de leurs expressions faciales au cours du
47
48 vieillissement normal et dans les pathologies neurodégénératives. *Psychol*
49
50 *NeuroPsychiatr* 2009;7(1):31-42.
51
52
53 Chollet F, Weiller C. Imaging recovery of function following brain injury. *Curr. Opin.*
54
55 *Neurobiol* 1994;4:226-230.
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

1 Collignon O, Girard S, Gosselin F, Roy S, Saint-Amour D, Lassonde M, et al. Audio-visual
2 integration of emotion expression. *Brain Research* 2008;1242:126-135.
3

4 Collignon O, Girard S, Gosselin F, Saint-Amour D, Lepore F, Lassonde M. Women process
5 multisensory emotion expressions more efficiently than men. *Neuropsychologia*
6
7 2010;48: 220-225.
8
9

10
11 [Cramer, S. Repairing the human brain after stroke: I. Mechanisms of spontaneous recovery.](#)
12 [Annals of Neurology](#) 2008;63:272–287.
13
14

15
16 De Gelder B, Vroomen J. The perception of emotions by ear and by eye. *Cognition and*
17
18 emotion 2000;14:3,289-311.
19
20

21 Dolan RJ, Morris JS, de Gelder B. Crossmodal binding of fear in voice and face. *PNAS*
22
23 2001;98:10006-10010.
24
25

26 Driver J, Spence C. Multisensory perception: Beyond modularity and convergence. *Curr Biol*
27
28 2000;10:731-735.
29
30

31 Duffau H, Capelle L, Denvil D. Functional recovery after surgical resection of low grade
32
33 gliomas in eloquent brain: hypothesis of brain compensation. *J Neurol Neurosurg*
34
35 *Psychiatry* 2003;74:901-907.
36
37

38 Duffau H. Lessons from brain mapping in surgery for low-grade glioma: insights into
39
40 associations between tumour and brain plasticity. *Lancet Neurology* 2005;4,476-86.
41
42

43 Duffau H, Taillandier L, Gatignol P, Capelle L. The insular lobe and brain plasticity: Lessons
44
45 from tumor surgery. *Clin Neurol Neurosurg* 2006;108:543-548.
46
47

48 Föcker J, Hölig C, Best A, Röder A. Crossmodal interaction of facial and vocal person
49
50 identity information: An event-related potential study, *Brain Research* 2011;1385:229-
51
52 245.
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

1 Gil Robles S, Gatignol P, Capelle P, Mitchell MC, Duffau H. The role of dominant striatum
2 in language: a study using intraoperative electrical stimulations. J Neurol Neurosurg
3 Psychiatry 2005;76:940-946.
4
5

6
7 Gil Robles S, Gatignol P, Lehericy S, Duffau H. Long-term brain plasticity allowing a
8 multistage surgical approach to World Health Organization Grade II gliomas in
9 eloquent areas. J Neurosurg 2008;109:615-624.
10
11
12

13
14 Gobbini, M.I, Haxby J.V. Neural systems for recognition of familiar faces. Neuropsychologia
15 2007 ;45:1,32-41.
16
17

18
19 Godefroy O, Spagnolo S, Roussel M, Boucart M. Stroke and Action Slowing: Mechanisms,
20 Determinants and Prognosis Value. Cerebrovasc Dis 2010;29:508–514.
21
22

23
24 Green MF, Leitman DI. Social Cognition in Schizophrenia. Schizophr Bull 2008;34:670-672.
25

26
27 Hornak J, Bramham J, Rolls ET, Morris RG, O'Doherty J, Bullock PR, et al. Changes in
28 emotion after circumscribed surgical lesions of the orbitofrontal and cingulate cortices.
29 Brain 2003;26:1691-1712.
30
31
32

33
34 Hunter EM, Phillips LH, MacPherson SE. Effects of Age on Cross-Modal Emotion
35 Perception. Psychol Aging 2010;25:779-787.
36
37

38
39 Jehna M, Neuper C, Ischebeck A, Loitfelder M, Ropele S, Langkammer C, et al. The
40 functional correlates of face perception and recognition of emotional facial expressions
41 as evidenced by fMRI. Brain Research 2011;1393:73-83.
42
43
44

45
46 Keidel JL, Welbourne SR, Lambon Ralph MA. Solving the paradox of the equipotential and
47 modular brain: A neurocomputational model of stroke vs. slow-growing glioma.
48 Neuropsychologia 2010;48:1716-1724.
49
50

51
52 Kreifelts B, Ethofer T, Grodd W, Erb M, Wildgruber D. Audiovisual integration of emotional
53 signals in voice and face: an event-related fMRI study. NeuroImage 2007;37:1445-
54 1456.
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

1 Krolak-Salmon P, Hénaff MA, Bertrand O, Vighetto A, Mauguière F. Les visages et leurs
2 émotions : Partie II : La reconnaissance des expressions faciales. Rev Neurol
3
4 2006;162:1047-1058.
5
6
7 Laurienti P.J, Burdette J.H, Maldjian J.A, Wallace M.T. Enhanced multisensory integration in
8
9 older adults. Neurobiology of Aging 2006;27,1155-1163.
10
11
12 Lundqvist D, Flykt A, Ohman A. Karolinska Directed Emotional Faces [Database of
13
14 standardized facial images]. Psychology Section, Department of Clinical Neuroscience,
15
16 Karolinska Hospital, Stockholm, Sweden;1998.
17
18
19 McDonald S, Bornhofen C, Hunt C. Addressing deficits in emotion recognition after severe
20
21 traumatic brain injury: The role of focused attention and mimicry. Neuropsychol
22
23 Rehabil 2009;19:321-339.
24
25
26 Paulmann S, Jessen S, Kotz SJ. Investigating the Multimodal Nature of Human
27
28 Communication. J Psychophysiol 2009;23:63-76.
29
30
31 Paulmann S, Pell MD. Dynamic emotion processing in Parkinson's disease as a function of
32
33 channel availability. J. Clin. Exp . Neuropsychol 2010;32:822-835.
34
35
36 Peelen M.V, Atkinson A.P, Vuilleumier P. Supramodal Representations of Perceived
37
38 Emotions in the Human Brain. J. Neurosci 2010;28:30:10127-10134.
39
40
41 Plaza M, Gatignol P, Cohen H, Berger B, Duffau H. A Discrete Area within the Left
42
43 Dorsolateral Prefrontal Cortex Involved in Visual-Verbal Incongruence Judgment.
44
45 Cerebral Cortex 2008;18:1253-1259.
46
47
48 Plaza M, Gatignol P, Leroy M, Duffau H. Speaking without Broca's area after tumor
49
50 resection. Neurocase 2009;15:294-310.
51
52
53 Pourtois G, de Gelder B, Bol A, Crommelinck M. Perception of facial Expressions and
54
55 Voices and of their Combination in the Human Brain. Cortex 2005;41:49-59.
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

1
2 Rijntjes M, Weiller C. Recovery of motor and language abilities after stroke: the contribution
3 of functional imaging. *Prog Neurobiol* 2002;66:109–22.

4
5 Rossini PM, Calautti C, Pauri F, Baron JC. Post-stroke plastic reorganisation in the adult
6 brain. *Lancet Neurology* 2003;2:493-502.

7
8
9 Russel JA. Core Affect and the Psychological Construction of Emotion. *Psychol Rev* 2003;
10 110:145-172.

11
12
13 Sabatinelli D, Fortune EE, Li Q, Siddiqui A, Krafft C, Oliver WT, et al. Emotional
14 perception: Meta analyses of face and natural scene processing. *NeuroImage*, 2010;
15 54:2524-2533.

16
17
18 Walker D.G, & Kaye A.H. Low grade glial neoplasms. *Journal of clinical neuroscience*
19 2003;10,1-13.

20
21
22 Williams C, Wood RL. Impairment in the recognition of emotion across different media
23 following traumatic brain injury. *J. Clin. Exp . Neuropsychol* 2010; 32:113-122.

Légendes des tableaux

Tableau 1. Caractéristiques démographiques et cliniques des patients.

Tableau 2. Score moyen (en pourcentage) et de temps de réponse (en millisecondes) pour chaque modalité (visuelle, auditive, intermodale) et pour chaque émotion, chez les 3 groupes (GBG, AVC, contrôles).

1
2 **Légendes des figures**
3
4
5
6
7

8 Figure 1. Score moyen, en pourcentage (à gauche) et temps de réponse, en millisecondes (à
9 droite) pour chaque groupe (GBG, AVC, contrôles) dans chaque modalité (visuelle, auditive
10 et intermodale).
11
12
13
14

15
16
17 Figure 2. Distribution des scores et des temps de réponse des sujets contrôles avec les données
18 individuelles des patients GBG et AVC superposées, pour les conditions visuelles, auditives
19 et intermodales.
20
21
22

23 La ligne centrale et la croix représentent respectivement la médiane et la moyenne, les limites
24 supérieures et inférieures des boîtes sont les 25^{ème} et 75^{ème} percentiles et les moustaches
25 représentent les valeurs maximales et minimales.
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

1
2 **Traduction en anglais des légendes**
3
4
5
6

7 Table 1. Demographic and clinical characteristics of patients.
8
9

10
11 Table 2. Mean percentages of correct responses and reaction time for each modality (visual,
12 vocal, cross-modal), for each emotion in the 3 groups (LGG, stroke, control). (*Standard errors*
13 *are in brackets*)
14
15
16
17
18
19
20

21 Figure 1. Mean accuracy, in percent (on the left) and response time in milliseconds (on the
22 right) for each group (LGG, stroke, control) in each modality (visual, vocal and cross-modal).
23
24
25
26
27
28
29
30

31 Figure 2. box plot showing the distribution of score and response time of controls participants
32 and the individual data of GBG and AVC patients, for visual, auditory and intermodal
33 conditions.
34
35
36
37

38 The upper and lower boundaries of the box plots are the 25th and the 75th percentiles. The
39 horizontal line marks the median and the cross represents the mean; vertical lines below and
40 above the box extend to the minimum and maximum respectively.
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

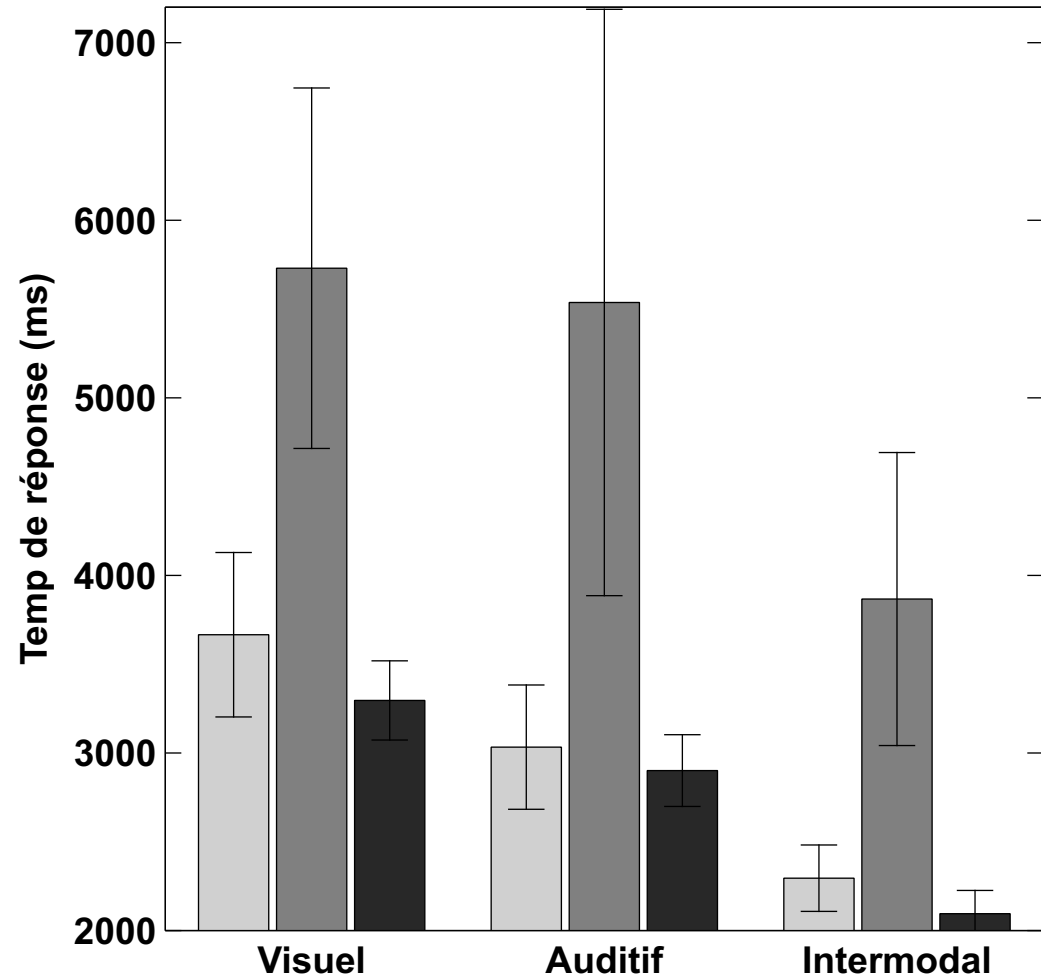
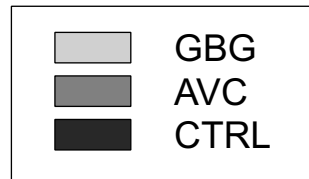
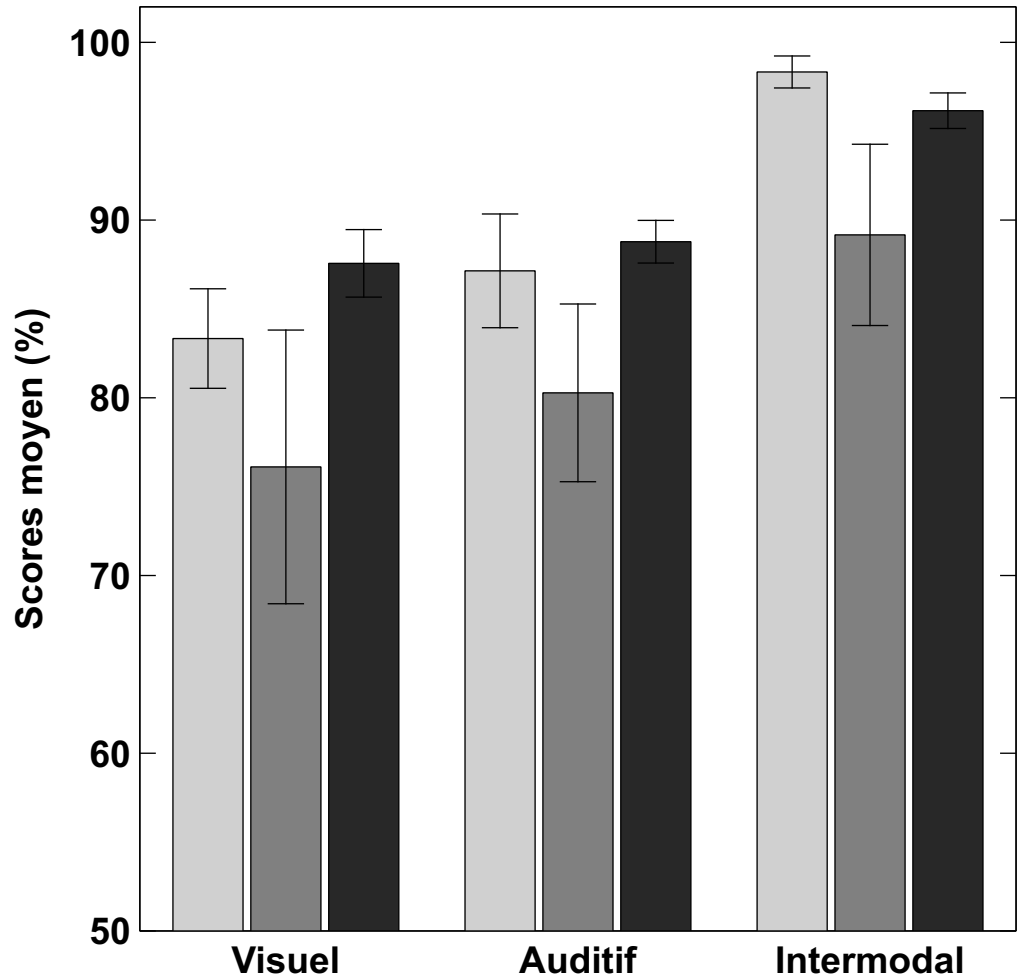
Tableau 1.

	Age	Sexe	Education (années)	Localisation	Côté de la lésion
Patients GBG					
Patient 1	36	H	17	Cingulaire	G
Patient 2	43	F	17	Fronto-temporo-insulaire	D
Patient 3	29	H	15	Frontal	G
Patient 4	21	H	12	Fronto-Central	G
Patient 5	39	F	12	Fronto-temporo-insulaire	G
Patient 6	45	H	45	Fronto-temporo-insulaire	G
Patient 7	61	H	9	Frontal	D
Patients AVC					
Patient 8	49	H	15	Capsulo-lenticulaire	G
Patient 9	40	F	14	Pariétal	D
Patient 10	55	F	17	Capsulo-lenticulaire	D
Patient 11	33	F	9	Pariétal postérieur	G
Patient 12	58	H	9	Fronto-temporo-pariétal	D
Patient 13	64	H	20	Fronto-temporo-pariétal	G

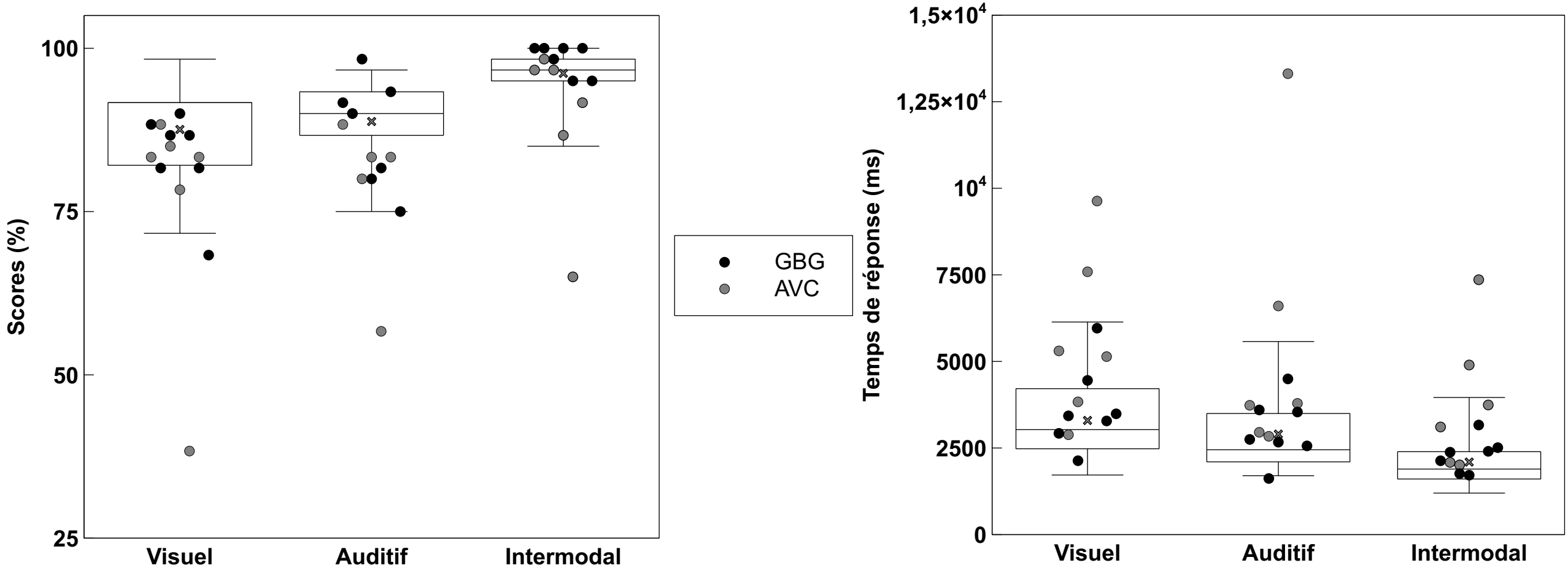
Tableau 2.

		Score moyen (en pourcentage)						Toutes les émotions
		Neutre	Joie	Peur	Tristesse	Colère	Dégout	
GBG	Visuel	95,71 (3,0)	98,57 (1,4)	78,57 (7,0)	85,71 (8,1)	78,57 (5,9)	62,85 (5,7)	83,33 (2,8)
	Auditif	97,14 (1,8)	97,14 (1,8)	84,28 (5,3)	95,71 (3,0)	54,28 (12,9)	94,28 (3,7)	87,14 (3,2)
	Intermodal	100,00 (0,0)	100,00 (0,0)	97,14 (2,9)	98,57 (1,4)	94,28 (3,0)	100 (0,0)	98,33 (0,9)
	Moyenne	97,62 (1,4)	98,57 (0,7)	86,67 (4,5)	93,33 (3,5)	75,71 (5,6)	85,71 (2,4)	89,60 (1,9)
AVC	Visuel	91,67 (6,5)	98,33 (1,7)	65,00 (13,4)	66,67 (13,4)	75,00 (9,9)	60,00 (12,1)	76,11 (7,7)
	Auditif	86,67 (11,5)	98,33 (1,7)	71,67 (5,4)	95,00 (5,0)	45,00 (8,1)	85,00 (5,6)	80,28 (5,0)
	Intermodal	91,67 (8,3)	100,00 (0)	88,33 (4,8)	93,33 (3,3)	78,33 (12,8)	83,33 (9,2)	89,17 (5,1)
	Moyenne	90,00 (8,7)	98,89 (0,7)	75,00 (6,7)	85,00 (5,9)	66,11 (8,9)	76,11 (8,6)	81,85 (5,8)
Contrôles	Visuel	98,85 (0,6)	99,23 (0,52)	80,77 (4,07)	84,62 (3,41)	82,31 (3,86)	79,62 (3,46)	87,56 (1,4)
	Auditif	92,31 (3,74)	98,08 (0,95)	85,77 (2,89)	96,92 (0,91)	65,38 (3,45)	94,23 (1,82)	88,78 (1,1)
	Intermodal	98,08 (0,95)	99,23 (0,52)	94,62 (1,46)	97,69 (0,83)	89,62 (3,10)	97,69 (0,99)	96,15 (0,7)
	Moyenne	96,41 (1,5)	98,85 (0,5)	87,05 (2,2)	93,08 (1,2)	79,10 (3,0)	90,51 (1,7)	90,83 (0,9)
		Temps de réponse (en millisecondes)						
GBG	Visuel	2932 (457)	1990 (273)	4568 (624)	4034 (619)	3571 (504)	4903 (906)	3666 (463)
	Auditif	3075 (468)	2160 (412)	3257 (295)	2806 (241)	3854 (753)	3046 (652)	3033 (350)
	Intermodal	2107 (207)	1723 (109)	2965 (410)	2417 (244)	2384 (261)	2174 (166)	2295 (187)
	Moyenne	2705 (350)	1957 (184)	3596 (374)	3086 (325)	3270 (458)	3374 (470)	2998 (306)
AVC	Visuel	4192 (1029)	3248 (863)	6294 (919)	6968 (2019)	6691 (1775)	6987 (1594)	5730 (1015)
	Auditif	8418 (5402)	3012 (356)	6804 (1587)	3886 (725)	5164 (1068)	5937 (1573)	5537 (1651)
	Intermodal	3400 (779)	2325 (361)	4701 (994)	4343 (1337)	4676 (950)	3755 (913)	3867 (825)
	Moyenne	5337 (2365)	2861 (511)	5933 (989)	5066 (1239)	5510 (1145)	5560 (1307)	5045 (1145)
Contrôles	Visuel	2420 (156)	1777 (78)	4073 (470)	4160 (355)	3858 (347)	3488 (302)	3296 (223)
	Auditif	3049 (304)	2312 (173)	3343 (288)	2650 (173)	3306 (281)	2747 (207)	2901 (202)
	Intermodal	2000 (128)	1574 (75)	2514 (294)	2384 (172)	2232 (149)	1867 (90)	2095 (131)
	Moyenne	2490 (174)	1888 (97)	3310 (252)	3065 (183)	3132 (202)	2701 (151)	2764 (154)

Note: Les erreurs-types sont présentées entre parenthèses



Figure



Figure