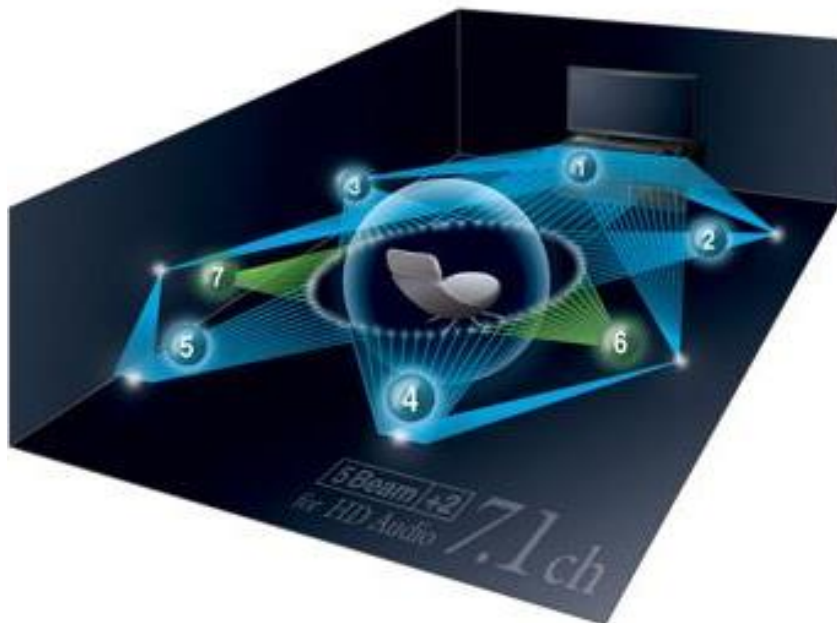


# Cocktail Party Effect

- Livrable 3 : Analyse des résultats -



Groupe 16

Emeline BERNARD

Thomas CASADO

Maxime DA SILVA

## Introduction

La spatialisation sonore est aujourd'hui très répandue dans les domaines du cinéma ou de la réalité virtuelle. En effet elle permet d'accentuer l'immersion en donnant l'illusion de la localisation d'un son ou d'une voix. Cela permet aussi, en musique par exemple, de mieux dissocier les instruments en les situant dans l'espace : cela améliore leur intelligibilité.

C'est surtout ce point qui nous intéresse ici : l'amélioration de l'intelligibilité. Cette caractéristique a déjà été prouvée en champ fermé (c'est-à-dire avec un casque audio). Nous nous sommes demandé si la spatialisation sonore améliore aussi l'intelligibilité en champ ouvert. Pour vérifier cela nous avons élaboré des protocoles et mis en place des tests. Nous avons ensuite analysé les résultats des candidats : c'est ce que nous allons vous présenter dans ce livable.

## Table des matières

<b>Introduction.....</b>	<b>2</b>
<b>Table des matières .....</b>	<b>3</b>
<b>I. Contexte .....</b>	<b>4</b>
<b>II. Comparaison champ ouvert VS champ fermé dans le cas général.....</b>	<b>7</b>
1) Comparaison des résultats en monophonique .....	7
2) Comparaison des résultats avec la source cible au centre.....	8
3) Comparaison des résultats avec la source cible à gauche .....	10
4) Comparaison des résultats avec la source cible à droite .....	12
<b>III. Etude de l'impact de la radio perturbatrice .....</b>	<b>14</b>
1) Comparaison des résultats avec la source cible au centre.....	14
2) Comparaison des résultats avec la source cible à droite .....	16
3) Comparaison des résultats avec la source cible à gauche .....	18
<b>IV. Etude de l'impact de l'angle de spatialisation de la source cible .....</b>	<b>20</b>
1) Comparaison en champ fermé .....	20
2) Comparaison en champ ouvert .....	23
<b>V. Etude des résultats du second protocole .....</b>	<b>26</b>
1) Etude en champ fermé.....	26
2) Etude en champ ouvert.....	29
<b>Conclusion .....</b>	<b>32</b>
<b>Table des Figures.....</b>	<b>33</b>

## I. Contexte

Afin de vérifier l'efficacité de la spatialisation sonore en champ ouvert, nous avons fait passer plusieurs séries de tests à différents sujets en champ ouvert. Nous avons fait passer ces mêmes séries de tests aux mêmes candidats en champ fermé

Nous avons alors obtenu des fichiers contenant uniquement les réponses des candidats. Après traitement, nous avons calculé les scores de chaque candidat aux 13 séries de tests. . Il est intéressant de rappeler que nous avons d'abord fait passer des tests auditifs à tous les candidats afin de les sélectionner.

Les candidats sont répartis de la façon suivante :

	Champ Fermé	Champ Ouvert
Nombre de candidats	22	30

*Voir plus bas pour plus d'informations sur les candidats sélectionnés.*

Les candidats ont donc passés les tests suivants :

- En champ fermé
  - o Monophonique
  - o Source cible à gauche
  - o Source cible au centre
  - o Source cible à droite
  - o Second protocole : source perturbatrice mouvante
  
- En champ ouvert
  - o Monophonique
  - o Source cible à gauche
  - o Source cible au centre
  - o Source cible à droite
  - o Source cible à gauche avec radio
  - o Source cible au centre avec radio
  - o Source cible à droite avec radio
  - o Second protocole : source perturbatrice mouvante

Il est important de rappeler que les séries de tests n'ont pas été passée dans le même ordre par tous les candidats. Ces derniers n'ont pas non plus tous passé dans le même ordre les différentes configurations : la moitié des sujets a commencé par les tests en champ ouvert, tandis que l'autre moitié a commencé par les tests en champ fermé. Cela permet d'éviter le phénomène d'apprentissage. Nous n'avons pas besoin d'en tenir compte dans l'analyse des résultats.

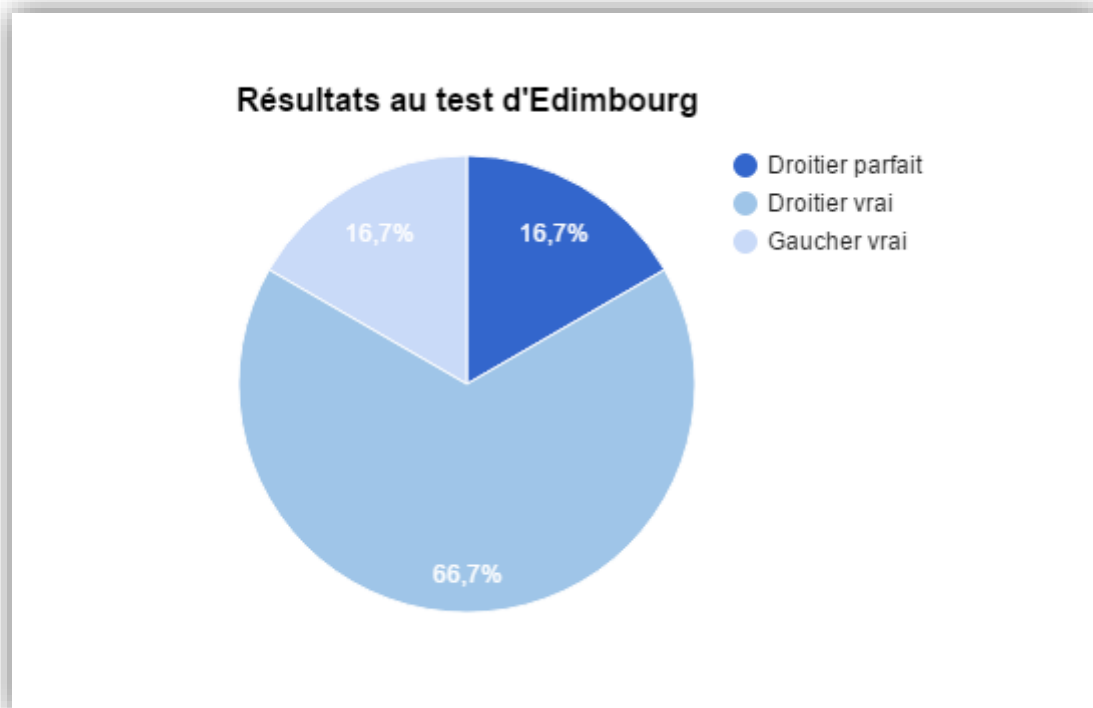


Figure 1. Répartition des candidats en fonction de leur latéralité.

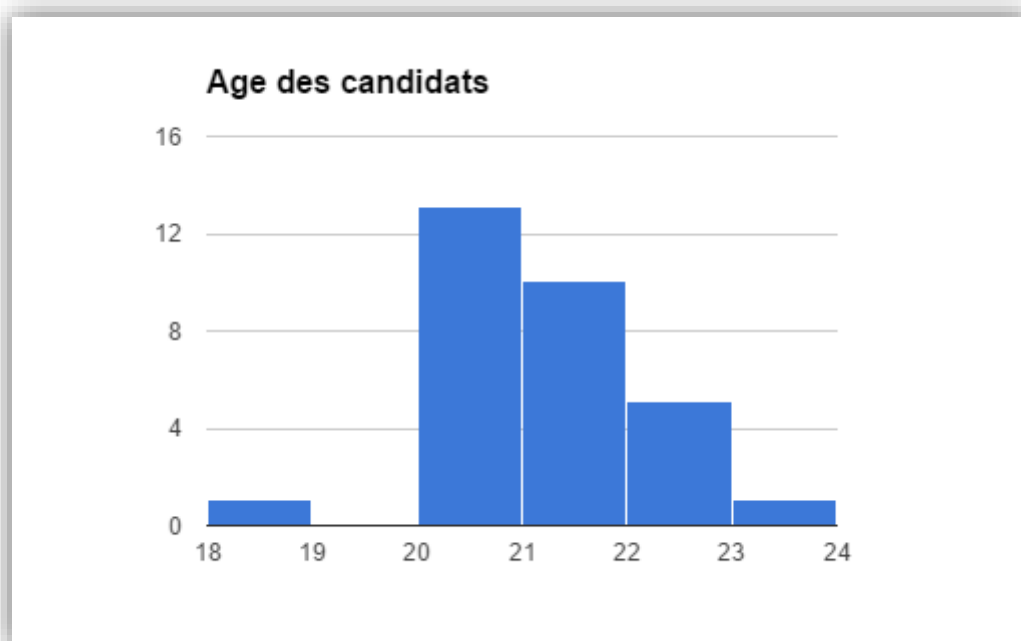


Figure 2. Répartition des candidats en fonction de leur âge

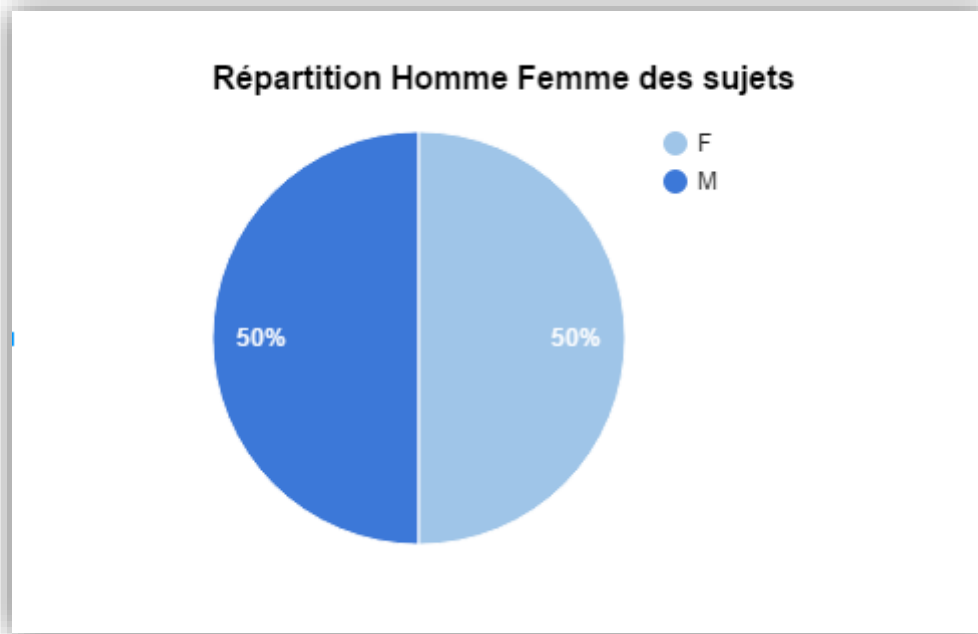


Figure 3. Répartition des candidats en fonction de leur sexe

Nous allons pouvoir analyser les scores obtenus sous plusieurs angles. Nous allons commencer par comparer les résultats en champ fermé et en champ ouvert, ce qui nous intéresse principalement. Nous allons ensuite compléter cette étude avec une analyse de l'impact de la source perturbatrice, puis l'impact de l'angle de spatialisation de la source cible en champ fermé et en champ ouvert. Nous terminerons enfin par l'étude des résultats du second protocole, c'est-à-dire de l'angle minimal nécessaire à la distinction des deux sources.

Pour plus de précisions concernant les protocoles, voir le document « [Livrable 2 – Protocoles](#) ».

## II. Comparaison champ ouvert VS champ fermé dans le cas général

### 1) Comparaison des résultats en monophonique

#### a. Analyse descriptive

- `MonoFerme<-c(12,8,7,14,10,10,6,10,6,8,16,14,8,8,10,11,11,10,7,9,11,12)/30*100`
- `MonoOuvert<-c(9,11,12,11,15,9,10,10,8,12,12,9,13,10,7,12,14,8,8,10,8,11,13,20,8,13,11,10,14,13)/30*100`

- `summary(MonoOuvert)`

```
Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
23.33 30.00 36.67 36.78 42.50 66.67
```

- `summary(MonoFerme)`

```
Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
20.00 26.67 33.33 33.03 36.67 53.33
```

On remarque que les scores en champ ouvert sont légèrement supérieurs aux scores en champ fermé (ponctuellement).

Les données étant appariées, nous travaillons par la suite sur l'échantillon des différences.

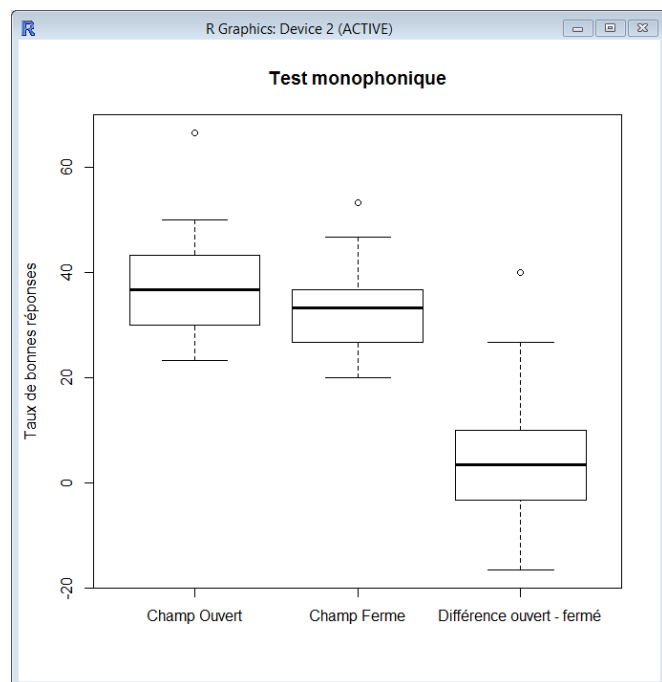


Figure 4. Boxplot des résultats en monophonique

#### b. Analyse inférentielle

Nous vérifions d'abord la normalité des échantillons afin d'appliquer (ou non) des tests paramétriques.

- `shapiro.test(MonoOuvert-MonoFerme)`

Shapiro-Wilk normality test

data: MonoOuvert - MonoFerme

W = 0.95309, p-value = 0.2043

On remarque que la p-value est supérieure à 5% donc on ne peut pas rejeter l'hypothèse  $H_0$  : « L'échantillon des différences suit une loi normale ». On peut donc effectuer des tests paramétriques.

On applique le test de Student avec les hypothèses suivantes :

- $H_0 : \mu_{\text{ouvert}} - \mu_{\text{fermé}} = 0$
- $H_1 : \mu_{\text{ouvert}} - \mu_{\text{fermé}} > 0$

➤ One Sample t-test

data: MonoOuvert - MonoFerme

t = 1.7769, df = 29, p-value = 0.04304

alternative hypothesis: true mean is greater than 0

95 percent confidence interval:

0.1750056    Inf

sample estimates:

mean of x

4

La p-value est légèrement inférieure à 5% donc l'hypothèse  $H_0$  est rejetée et la différence entre les échantillons est faible mais a un fort impact. Le monophonique en champ ouvert est donc en moyenne meilleur qu'en champ fermé.

## 2) Comparaison des résultats avec la source cible au centre

### a. Analyse descriptive

➤ `CentreOuvert<-c(18, 28, 26, 23, 27, 21, 28, 23, 17, 23, 20, 24, 23, 26, 22, 27, 27, 25, 27, 24, 23, 25, 20, 28, 18, 25, 27, 25, 26, 23)/30*100`

➤ `CentreFerme <- c(26,28,27,28,26,28,27,28,27,27,26,24,27,28,27,27,29,27,28,25,28,26)/30*100`

➤ `summary(CentreOuvert)`

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

56.67 76.67 81.67 79.89 89.17 93.33

➤ `summary(CentreFerme)`

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

80.00 87.50 90.00 90.00 93.33 96.67

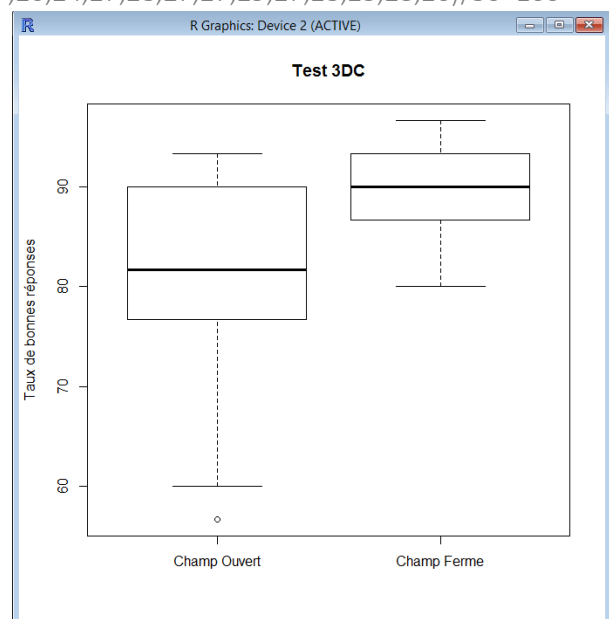


Figure 5. Boxplot des résultats avec la source cible au centre



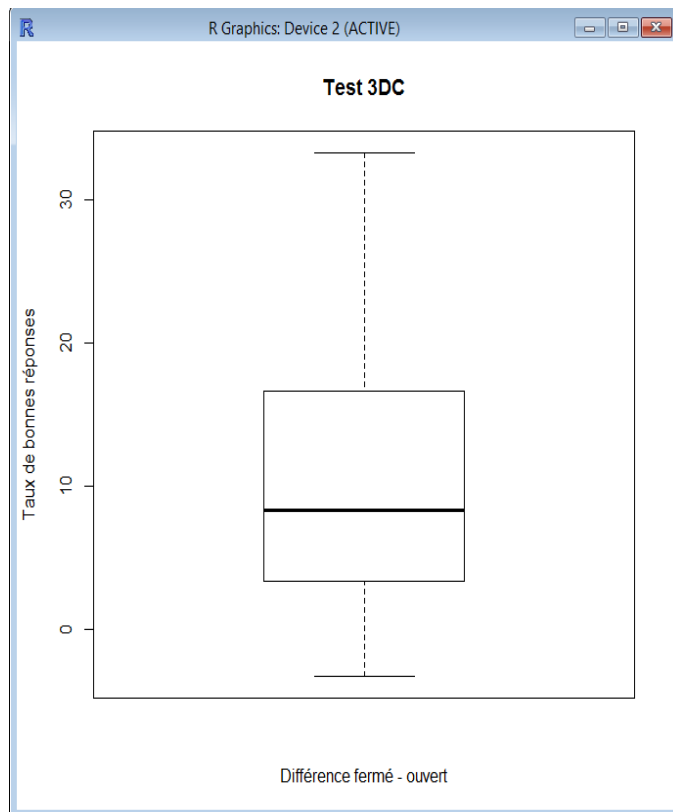


Figure 6. Boxplot des résultats avec la source cible au centre bis

D'après les deux boxplots, les scores en champ fermé ont l'air meilleurs qu'en champ ouvert lorsque la source cible est à droite.

C'est ce que nous allons vérifier dans la seconde partie, en travaillant sur la différence des échantillons.

## b. Analyse inférentielle

On vérifie d'abord la normalité de l'échantillon des différences :

```
➤ shapiro.test(CentreFermé-CentreOuvert)
```

Shapiro-Wilk normality test

data: CentreFermé - CentreOuvert

W = 0.93856, p-value = 0.08319

La p-value est supérieure à 5% donc on ne peut pas rejeter l'hypothèse de normalité de la différence des échantillons. On peut donc effectuer des tests paramétriques. On réalise un test de Student avec les hypothèses suivantes :

- $H_0 : \mu_{\text{ouvert}} - \mu_{\text{fermé}} = 0$
- $H_1 : \mu_{\text{ouvert}} - \mu_{\text{fermé}} > 0$

```
➤ t.test(CentreFermé-CentreOuvert, alternative="greater")
```

One Sample t-test

data: CentreFermé - CentreOuvert

t = 5.5371, df = 29, p-value = 2.855e-06

alternative hypothesis: true mean is greater than 0

95 percent confidence interval:

7.162397    Inf

sample estimates:

mean of x

10.33333

On remarque que la p-value est très inférieure à 5%. On rejette donc l'hypothèse  $H_0$  au profit de l'hypothèse  $H_1$  : la différenciation des sons est plus facile en champ fermé qu'en champ ouvert lorsque la source cible est spatialisée au centre.

### 3) Comparaison des résultats avec la source cible à gauche

#### a. Analyse descriptive

➤ `GaucheFerme <- c(27, 28, 27, 28, 28, 29, 24, 29, 24, 29, 29, 27, 29, 28, 29, 28, 28, 28, 28, 29, 29, 29)/30*100`

➤ `GaucheOuvert <- c(25, 29, 28, 26, 28, 22, 29, 27, 27, 29, 25, 27, 27, 29, 26, 29, 29, 29, 29, 26, 29, 25, 28, 28, 22, 26, 28, 29, 29, 24)/30*100`

➤ `summary(GaucheFerme)`

```
Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
80.00 93.33 93.33 93.03 96.67 96.67
```

➤ `summary(GaucheOuvert)`

```
Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
73.33 86.67 93.33 90.44 96.67 96.67
```

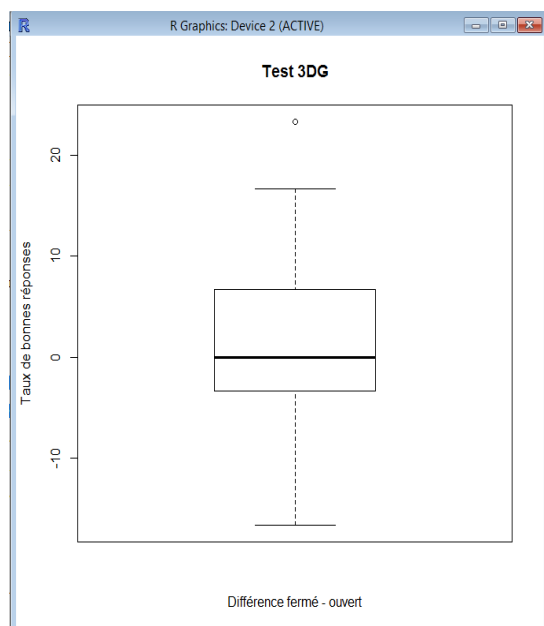


Figure 8. Boxplot des résultats avec la source cible à gauche bis

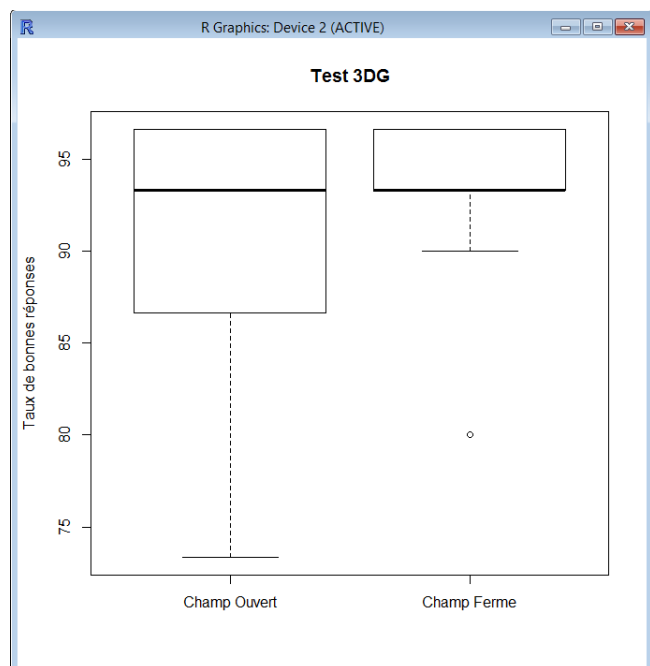


Figure 7. Boxplot des résultats avec la source cible à gauche

Les résultats semblent en moyenne identiques dans les deux configurations. On note cependant des valeurs globalement plus élevées en champ fermé.

Les statistiques inférentielles vont nous permettre de conclure sur l'importance de cette différence.

**b. Analyse inférentielle**

➤ `shapiro.test(GaucheFerme-GaucheOuvert)`

Shapiro-Wilk normality test

data: GaucheFerme - GaucheOuvert

W = 0.94746, p-value = 0.1445

La p-value est supérieure à 5% : on ne peut pas rejeter l'hypothèse de normalité de l'échantillon. Nous allons donc effectuer un test paramétrique, le test de Student, avec les hypothèses suivantes :

- $H_0 : \mu_{\text{fermé}} - \mu_{\text{ouvert}} = 0$
- $H_1 : \mu_{\text{fermé}} - \mu_{\text{ouvert}} > 0$

➤ `t.test(GaucheFerme-GaucheOuvert)`

One Sample t-test

data: GaucheFerme - GaucheOuvert

t = 1.3178, df = 29, p-value = 0.1979

alternative hypothesis: true mean is not equal to 0

95 percent confidence interval:

-1.226743 5.671187

sample estimates:

mean of x

2.222222

La p-value est à nouveau supérieure à 5%, on ne peut donc pas rejeter l'hypothèse  $H_0$  et on peut considérer que la différenciation des messages sonores est aussi bonne en champ fermé qu'en champ ouvert lorsque la source cible est spatialisée à gauche.

#### 4) Comparaison des résultats avec la source cible à droite

##### a. Analyse descriptive

- `DroiteFerme <- c(29, 30, 27, 28, 25, 29, 28, 29, 28, 30, 30, 29, 30, 30, 29, 28, 29, 29, 30, 29, 29, 28)/30*100`
- `DroiteOuvert <- c(22, 30, 28, 25, 27, 25, 30, 28, 29, 25, 26, 29, 27, 30, 24, 29, 30, 27, 30, 29, 29, 28, 27, 30, 21, 23, 29, 24, 30, 29)/30*100`

- `summary(DroiteFerme)`

```
Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
83.33 93.33 96.67 95.91 99.17 100.00
```

- `summary(DroiteOuvert)`

```
Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
70.00 84.17 93.33 91.11 96.67 100.00
```

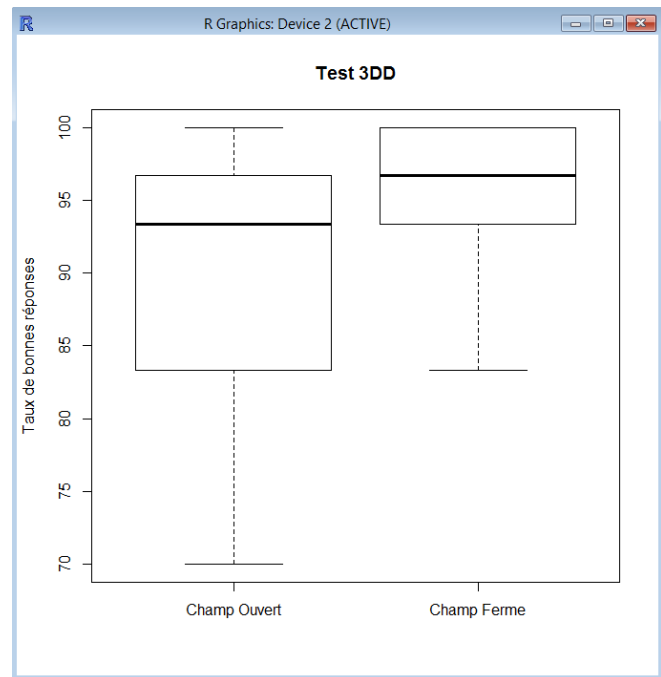


Figure 9. Boxplot des résultats avec la source cible à droite

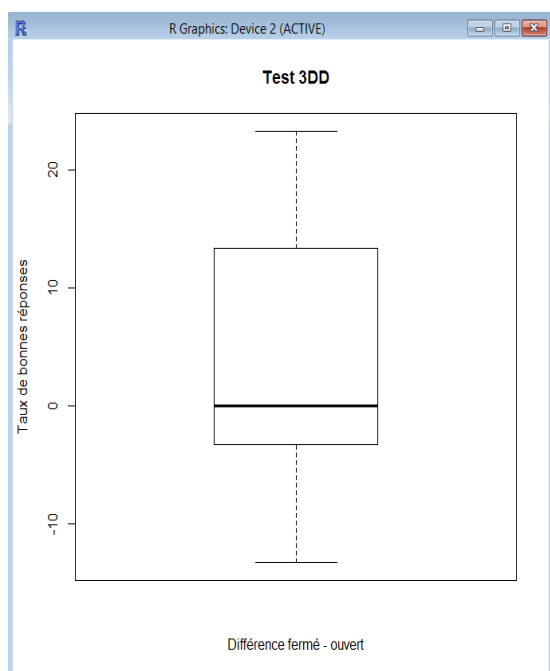


Figure 10. Boxplot des résultats avec la source cible à droite bis

Les résultats ont l'air sensiblement identiques dans les deux configurations. Cependant les scores semblent meilleurs en champ fermé qu'en champ ouvert.

Nous allons voir si l'analyse inférentielle nous confirme ce premier résultat.

**b. Analyse inférentielle**

➤ `shapiro.test(DroiteFerme-DroiteOuvert)`

Shapiro-Wilk normality test

data: DroiteFerme - DroiteOuvert

W = 0.93087, p-value = 0.0518

Ce test de Shapiro ne nous permet pas de conclure sur la normalité de l'échantillon. En effet, la p-value est supérieure à 5% mais c'est très juste. Nous allons donc effectuer un test paramétrique (test de Student) et un test non paramétrique afin de confirmer notre résultat (test de Wilcoxon) avec les hypothèses suivantes :

- $H_0 : \mu_{\text{fermé}} - \mu_{\text{ouvert}} = 0$
- $H_1 : \mu_{\text{fermé}} - \mu_{\text{ouvert}} > 0$

➤ `t.test(DroiteFerme-DroiteOuvert, alternative="greater")`

One Sample t-test

data: DroiteFerme - DroiteOuvert

t = 2.475, df = 29, p-value = 0.009705

alternative hypothesis: true mean is greater than 0

95 percent confidence interval:

1.323642    Inf

sample estimates:

mean of x

4.222222

La p-value est très inférieure à 5%, on rejette donc fortement l'hypothèse  $H_0$ . La moyenne des résultats en champ fermé serait donc meilleure qu'en champ ouvert.

➤ `wilcox.test(DroiteFerme-DroiteOuvert, alternative="greater")`

Wilcoxon signed rank test with continuity correction

data: DroiteFerme - DroiteOuvert

V = 183, p-value = 0.009838

alternative hypothesis: true location is greater than 0

La p-value est ici aussi très inférieure à 5%. Cela confirme le résultat précédent. La différenciation des messages sonores est donc meilleure en champ fermé qu'en champ ouvert lorsque la source cible est spatialisée à droite.

### III. Etude de l'impact de la radio perturbatrice

Les séries de tests avec une radio perturbatrice ne comptent que 10 tests, contre 30 pour les séries sans radio. Pour que les échantillons soient comparables nous avons décidé de diviser tous les scores obtenus sur les séries sans radio par 3. Tous les scores sont ainsi sur 10 et nous n'avons pas perdu de précision sur les résultats.

#### 1) Comparaison des résultats avec la source cible au centre

##### a. Analyse descriptive

- `CentreOuvert <-c(18, 28, 26, 23, 27, 21, 28, 23, 17, 23, 20, 24, 23, 26, 22, 27, 27, 25, 27, 24, 23, 25, 20, 28, 18, 25, 27, 25, 26, 23)`
- `CentreRadio <-c(7, 10, 8, 9, 9, 6, 10, 8, 7, 5, 9, 6, 7, 10, 10, 9, 10, 10, 9, 9, 7, 5, 7, 9, 5, 10, 7, 9, 9, 8)/10*100`

- `Centre<-CentreOuvert/30*100`

- `summary(Centre)`

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

56.67 76.67 81.67 79.89 89.17 93.33

- `summary(CentreRadio)`

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

50.00 70.00 90.00 81.33 90.00 100.00

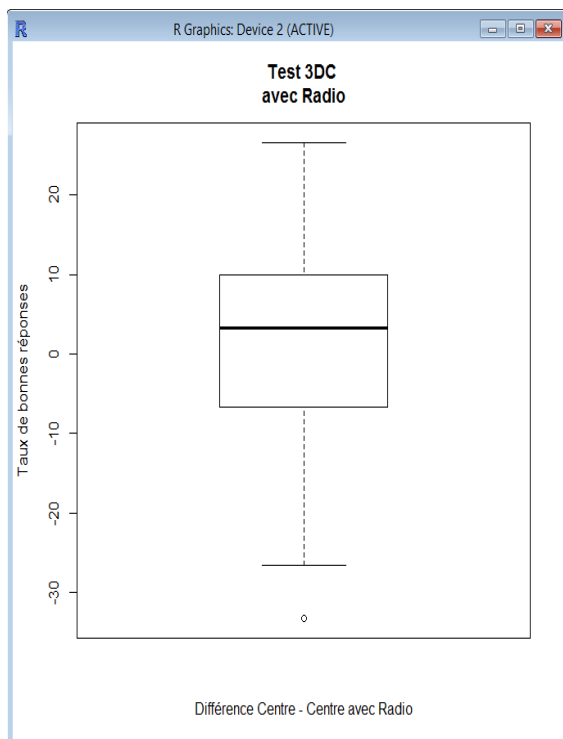


Figure 12. Boxplot de comparaison des résultats avec et sans radio - centre bis

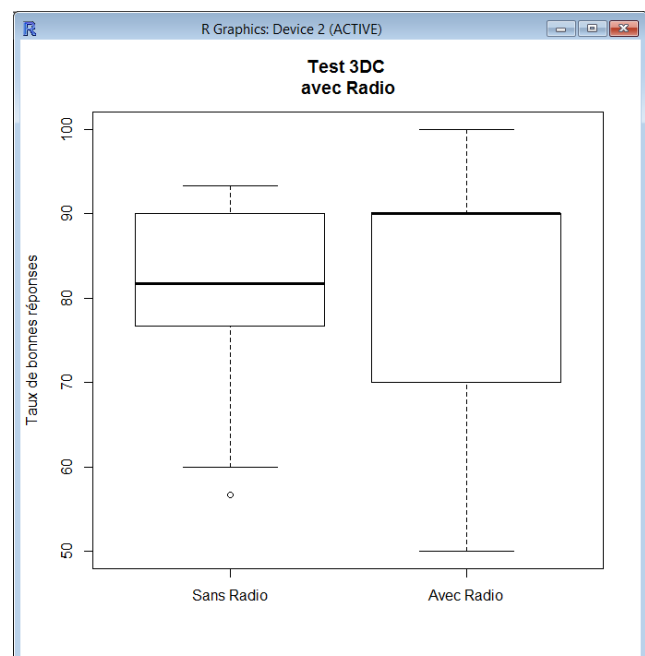


Figure 11. Boxplot de comparaison des résultats avec et sans radio - centre

Les résultats ont l'air en moyenne meilleurs avec une radio perturbatrice que sans.

La différence entre les résultats semble cependant assez faible : nous allons, à l'aide de statistiques inférentielles, déterminer si cette différence est significative.

**b. Analyse inférentielle**

➤ `shapiro.test(CentreRadio-Centre)`

Shapiro-Wilk normality test

data: CentreRadio - Centre

W = 0.96332, p-value = 0.3755

On ne peut pas rejeter l'hypothèse de normalité car la p-value est supérieure à 5%. On peut donc effectuer un test de Student avec les hypothèses suivantes :

- $H_0 : \mu_{\text{CentreRadio}} - \mu_{\text{Centre}} = 0$
- $H_1 : \mu_{\text{CentreRadio}} - \mu_{\text{Centre}} > 0$

➤ `t.test(CentreRadio-Centre, alternative="greater")`

One Sample t-test

data: CentreRadio - Centre

t = 0.56302, df = 29, p-value = 0.2889

alternative hypothesis: true mean is greater than 0

95 percent confidence interval:

-0.2914719      Inf

sample estimates:

mean of x

0.1444444

La p-value est largement supérieure à 5%, on ne peut donc pas rejeter l'hypothèse  $H_0$  d'égalité. La différence entre les résultats n'est pas significative : la source radio perturbatrice n'a pas d'impact lorsque la source cible est spatialisée au centre.

## 2) Comparaison des résultats avec la source cible à droite

### a. Analyse descriptive

- DroiteOuvert <- c(22, 30, 28, 25, 27, 25, 30, 28, 29, 25, 26, 29, 27, 30, 24, 29, 30, 27, 30, 29, 29, 28, 27, 30, 21, 23, 29, 24, 30, 29)
- Droite <- DroiteOuvert/30\*100
- DroiteRadio <- c(10, 10, 8, 10, 9, 10, 10, 8, 8, 10, 10, 8, 9, 10, 9, 10, 8, 10, 9, 10, 10, 8, 9, 10, 6, 8, 9, 9, 9, 9)/10\*100

- summary(Droite)

```
Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
70.00 84.17 93.33 91.11 96.67 100.00
```

- summary(DroiteRadio)

```
Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
60.0 82.5 90.0 91.0 100.0 100.0
```

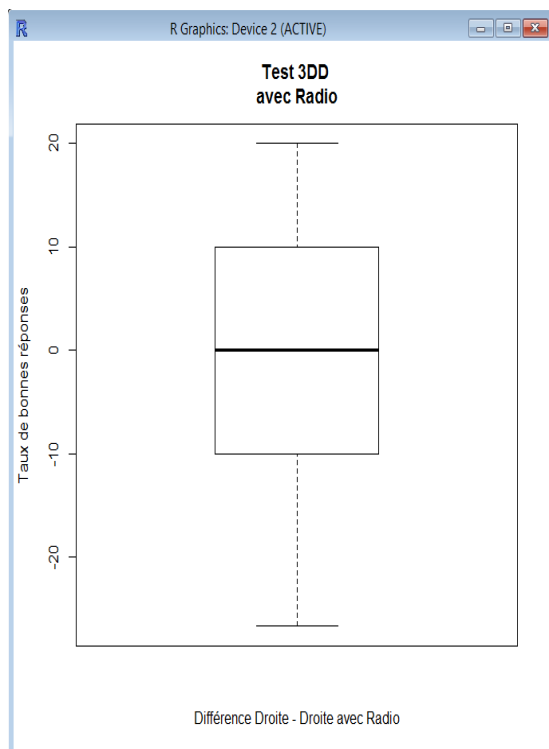


Figure 14. Boxplot de comparaison des résultats avec et sans radio - droite bis

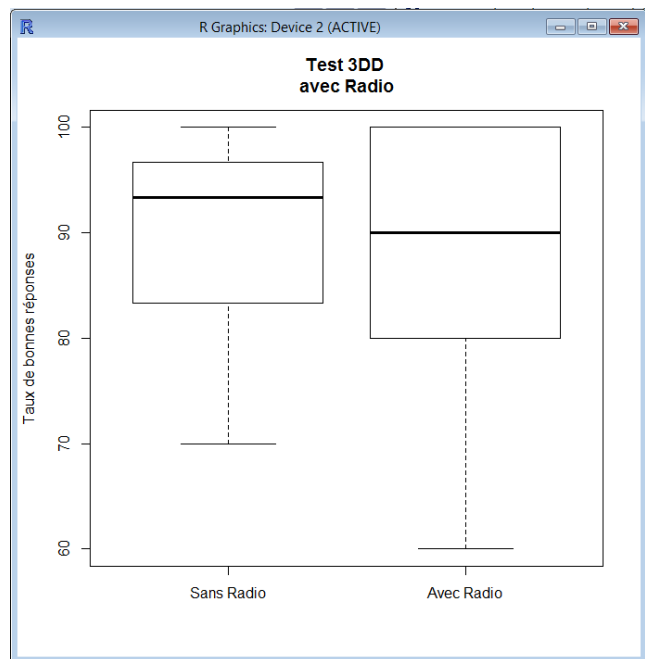


Figure 13. Boxplot de comparaison des résultats avec et sans radio - droite

Les scores semblent meilleurs sans radio perturbatrice qu'avec.

D'après le second boxplot, on peut cependant voir que la différence entre les deux échantillons est très faible. Les statistiques inférentielles vont nous permettre de déterminer si la différence entre les scores est significative.



## b. Analyse inférentielle

➤ `shapiro.test(Droite-DroiteRadio)`

Shapiro-Wilk normality test

data: Droite - DroiteRadio

W = 0.96304, p-value = 0.3695

La différence des échantillons peut être considérée comme normale : en effet la p-value est largement supérieure à 5%. Nous allons donc effectuer un test de Student (test paramétrique) avec les hypothèses suivantes :

- $H_0 : \mu_{\text{Droite}} - \mu_{\text{DroiteRadio}} = 0$
- $H_1 : \mu_{\text{Droite}} - \mu_{\text{DroiteRadio}} > 0$

➤ `t.test(Droite-DroiteRadio, alternative="greater")`

One Sample t-test

data: Droite - DroiteRadio

t = 0.052185, df = 29, p-value = 0.4794

alternative hypothesis: true mean is greater than 0

95 percent confidence interval:

-3.506641      Inf

sample estimates:

mean of x

0.1111111

La p-value est bien supérieure à 5%, on ne peut donc pas rejeter l'hypothèse  $H_0$ . La différence entre les résultats n'est pas significative. La source radio n'est donc pas très perturbatrice pour les candidats lorsque la source cible est spatialisée à droite.

### 3) Comparaison des résultats avec la source cible à gauche

#### a. Analyse descriptive

- `GaucheOuvert <- c(25, 29, 28, 26, 28, 22, 29, 27, 27, 29, 25, 27, 27, 29, 26, 29, 29, 29, 29, 26, 29, 25, 28, 28, 22, 26, 28, 29, 29, 24)`
- `Gauche <- (GaucheOuvert - 1) / 30 * 100`
- `GaucheRadio <- c(5, 9, 8, 8, 9, 7, 9, 6, 8, 7, 8, 9, 9, 9, 5, 9, 7, 8, 8, 8, 9, 9, 9, 9, 6, 8, 9, 7, 9, 8) / 10 * 100`

- `summary(Gauche)`

```
Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
70.00 83.33 90.00 87.11 93.33 93.33
```

- `summary(GaucheRadio)`

```
Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
50.00 72.50 80.00 79.67 90.00 90.00
```

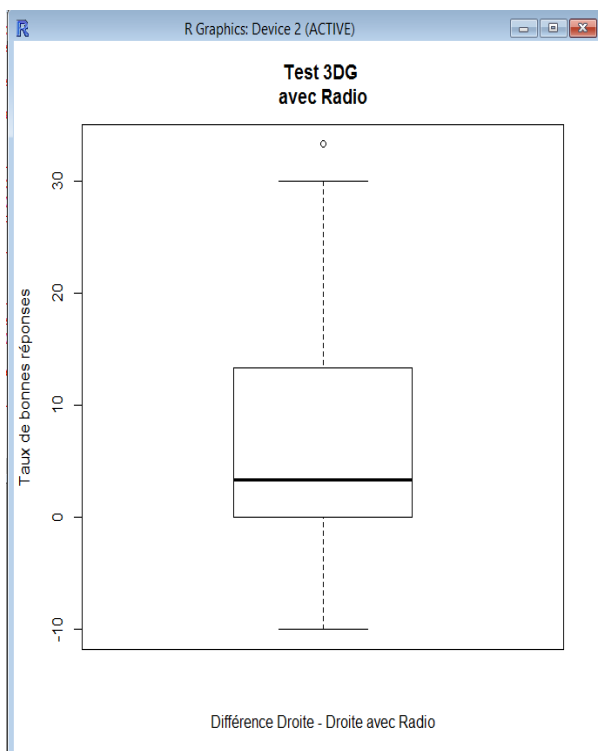


Figure 16. Boxplot de comparaison des résultats avec et sans radio - gauche bis

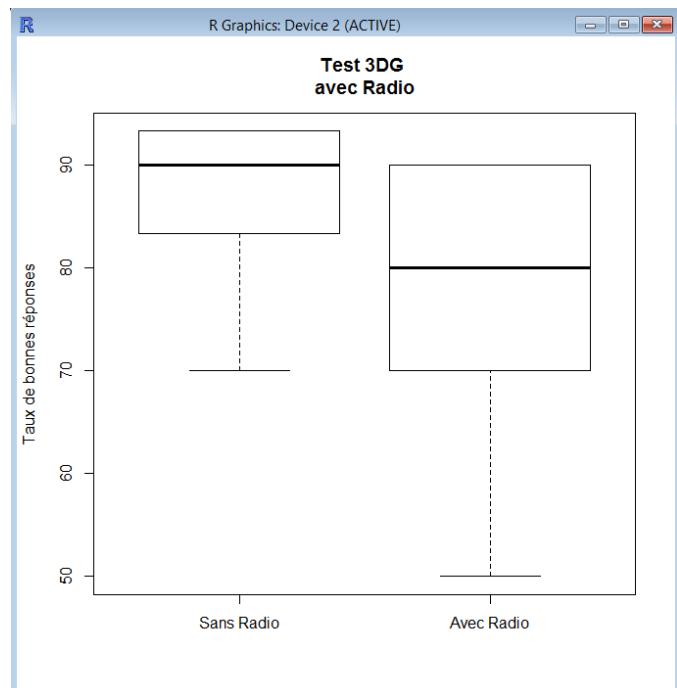


Figure 15. Boxplot de comparaison des résultats avec et sans radio - gauche

Les scores semblent en moyenne meilleurs sans radio perturbatrice. Nous allons pouvoir dire, grâce aux statistiques inférentielles si cette différence entre les scores est significative.

**b. Analyse inférentielle**

On commence par effectuer un test de Shapiro, qui nous permettra de dire si l'échantillon étudié suit une loi normale.

➤ `shapiro.test(Gauche-GaucheRadio)`

Shapiro-Wilk normality test

data: Gauche - GaucheRadio

W = 0.86679, p-value = 0.001422

La p-value est très inférieure à 5% donc l'hypothèse  $H_0$  de normalité est rejetée. Nous ne pouvons donc pas appliquer de tests paramétriques. Nous allons donc effectuer un test de Wilcoxon, test non paramétrique, avec les hypothèses suivantes :

- $H_0 : \mu_{\text{Gauche}} - \mu_{\text{GaucheRadio}} = 0$
- $H_1 : \mu_{\text{Gauche}} - \mu_{\text{GaucheRadio}} > 0$

➤ `wilcox.test(Gauche-GaucheRadio, alternative="greater")`

Wilcoxon signed rank test with continuity correction

data: Gauche - GaucheRadio

V = 270, p-value = 0.0002933

alternative hypothesis: true location is greater than 0

On peut voir que la p-value est très inférieure à 5%. On doit donc rejeter l'hypothèse  $H_0$  : la radio perturbatrice a un réel impact sur les résultats lorsque la source cible est spatialisée à gauche.

## IV. Etude de l'impact de l'angle de spatialisation de la source cible

On souhaite étudier ici la différence entre les résultats dans les différentes positions de la source cible. En effet, plusieurs candidats nous ont dit qu'ils trouvaient l'exercice plus simple lorsque la source cible était à droite. De plus, les résultats semblent, au premier abord, confirmer cette impression, ce que nous avons souhaité vérifier dans les deux configurations (en champ fermé et en champ ouvert).

### 1) Comparaison en champ fermé

#### a. Analyse descriptive

- `CentreFerme <- c(26,28,27,28,26,28,27,28,27,27,26,24,27,28,27,27,29,27,28,25,28,26)`
- `DroiteFerme <- c(29,30,27,28,25,29,28,29,28,30,30,29,30,30,29,28,29,29,30,29,29,28)`
- `GaucheFerme <- c(27,28,27,28,28,29,24,29,24,29,29,27,29,28,29,28,28,28,28,29,29,29)`

- `summary(CentreFerme)`

```
Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
80.00 87.50 90.00 90.00 93.33 96.67
```

- `summary(DroiteFerme)`

```
Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
83.33 93.33 96.67 95.91 99.17 100.00
```

- `summary(GaucheFerme)`

```
Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
80.00 93.33 93.33 93.03 96.67 96.67
```

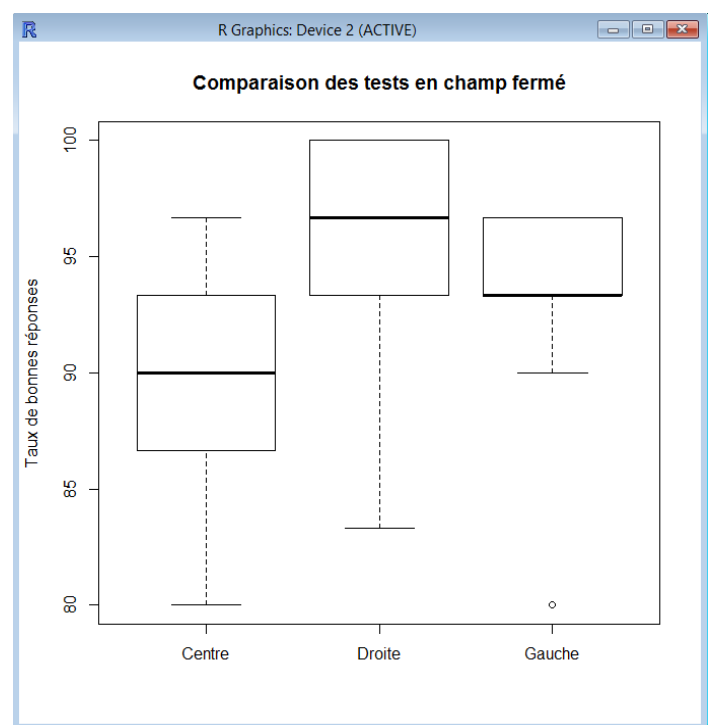


Figure 17. Boxplot de comparaison des résultats selon la position de la cible en champ fermé

Il semblerait que les résultats soient meilleurs lorsque la source cible est spatialisée à droite. Les résultats les moins bons, eux, correspondent aux tests pour lesquels la source cible est au centre.

Nous allons, grâce aux statistiques inférentielles, déterminer si ces écarts de résultats sont significatifs ou non.

**b. Analyse inférentielle**

On commence par comparer les résultats à droite et à gauche en champ fermé.

➤ `shapiro.test(DroiteFerme-GaucheFerme)`

Shapiro-Wilk normality test

data: DroiteFerme - GaucheFerme

W = 0.91244, p-value = 0.0531

D'après la valeur de la p-value, l'hypothèse  $H_0$  n'est pas rejetée (mais c'est juste). On applique donc un test de Student avec les hypothèses suivantes :

- $H_0 : \mu_{\text{Droite}} - \mu_{\text{Gauche}} = 0$
- $H_1 : \mu_{\text{Droite}} - \mu_{\text{Gauche}} > 0$

➤ `t.test(DroiteFerme-GaucheFerme, alternative="greater")`

One Sample t-test

data: DroiteFerme - GaucheFerme

t = 2.6099, df = 21, p-value = 0.00818

alternative hypothesis: true mean is greater than 0

95 percent confidence interval:

0.9807277      Inf

sample estimates:

mean of x

2.878788

La p-value est inférieure à 5% donc on rejette l'hypothèse d'égalité des moyennes  $H_0$ . Les résultats sont donc meilleurs lorsque la source cible est à droite que lorsqu'elle est à gauche.

On compare maintenant les résultats avec la source cible au centre avec ceux pour lesquels la source cible est à gauche en champ fermé.

➤ `shapiro.test(GaucheFerme-CentreFerme)`

Shapiro-Wilk normality test

data: GaucheFerme - CentreFerme

W = 0.93011, p-value = 0.1234

La p-value est supérieure à 5%. L'hypothèse de normalité n'étant pas rejetée, on peut appliquer des tests paramétriques.

Nous effectuons un test de Student avec les hypothèses suivantes :

- $H_0 : \mu_{\text{Gauche}} - \mu_{\text{Centre}} = 0$
- $H_1 : \mu_{\text{Gauche}} - \mu_{\text{Centre}} > 0$

➤ `t.test(GaucheFerme-CentreFerme, alternative="greater")`

One Sample t-test

data: GaucheFerme - CentreFerme

t = 2.4085, df = 21, p-value = 0.01264

alternative hypothesis: true mean is greater than 0

95 percent confidence interval:

0.8653589      Inf

sample estimates:

mean of x

3.030303

La p-value est inférieure à 5% : on rejette donc l'hypothèse  $H_0$  au profit de l'hypothèse  $H_1$ . Les résultats lorsque la cible est spatialisée à gauche sont meilleurs que lorsque la cible est spatialisée au centre en champ fermé.

## 2) Comparaison en champ ouvert

### a. Analyse descriptive

- `CentreOuvert <- c(18, 28, 26, 23, 27, 21, 28, 23, 17, 23, 20, 24, 23, 26, 22, 27, 27, 25, 27, 24, 23, 25, 20, 28, 18, 25, 27, 25, 26, 23)`
- `DroiteOuvert <- c(22, 30, 28, 25, 27, 25, 30, 28, 29, 25, 26, 29, 27, 30, 24, 29, 30, 27, 30, 29, 29, 28, 27, 30, 21, 23, 29, 24, 30, 29)`
- `GaucheOuvert <- c(25, 29, 28, 26, 28, 22, 29, 27, 27, 29, 25, 27, 27, 29, 26, 29, 29, 29, 29, 26, 29, 25, 28, 28, 22, 26, 28, 29, 29, 24)`

- `summary(CentreOuvert)`  

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
56.67	76.67	81.67	79.89	89.17	93.33

- `summary(DroiteOuvert)`  

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
70.00	84.17	93.33	91.11	96.67	100.00

- `summary(GaucheOuvert)`  

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
73.33	86.67	93.33	90.44	96.67	96.67

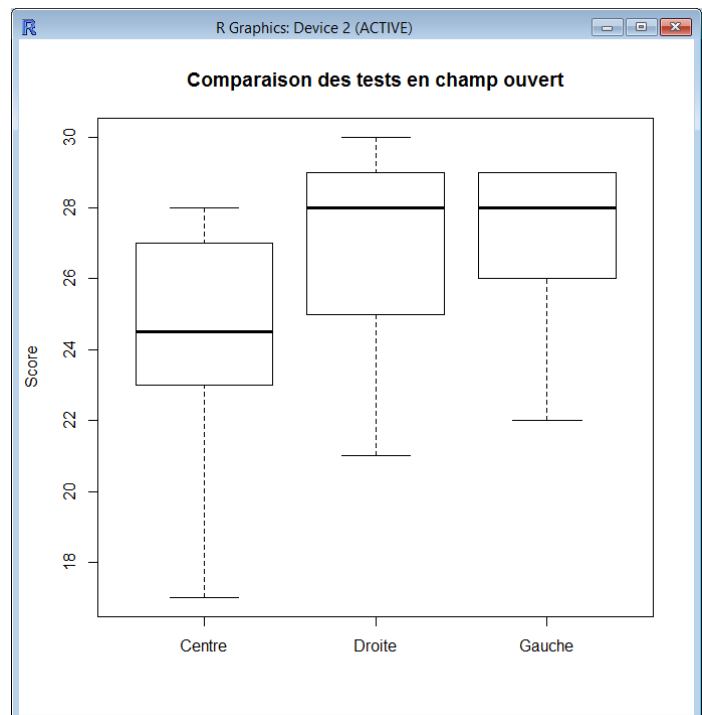


Figure 18. Boxplot de comparaison des résultats selon la position de la cible en champ ouvert

Les scores sont sensiblement identiques que la source cible soit spatialisée à droite ou à gauche. Les résultats sont par contre moins bons lorsque la source cible est au centre.

### b. Analyse inférentielle

Nous allons commencer par comparer les résultats avec la source cible à droite et à gauche.

- `shapiro.test(DroiteOuvert-GaucheOuvert)`

Shapiro-Wilk normality test

data: DroiteOuvert - GaucheOuvert

W = 0.96296, p-value = 0.3678

D'après la valeur de la p-value, on peut considérer que la différence des échantillons suit une loi normale. On applique donc des tests paramétriques.

Nous effectuons un test de Student avec les hypothèses suivantes :

- $H_0 : \mu_{\text{Droite}} - \mu_{\text{Gauche}} = 0$
- $H_1 : \mu_{\text{Droite}} - \mu_{\text{Gauche}} > 0$

➤ `t.test(DroiteOuvert-GaucheOuvert, alternative="greater")`

One Sample t-test

data: DroiteOuvert - GaucheOuvert

t = 0.49366, df = 29, p-value = 0.3126

alternative hypothesis: true mean is greater than 0

95 percent confidence interval:

-1.627944      Inf

sample estimates:

mean of x

0.666667

La p-value est supérieure à 5% : on ne peut pas rejeter l'hypothèse  $H_0$ . Les scores sont donc identiques que la source cible soit à droite ou à gauche en champ ouvert. Comparons maintenant les résultats avec la source cible à droite et au centre.

➤ `shapiro.test(DroiteOuvert-CentreOuvert)`

Shapiro-Wilk normality test

data: DroiteOuvert - CentreOuvert

W = 0.90607, p-value = 0.01186

La p-value est inférieure à 5%, on rejette donc l'hypothèse de normalité  $H_0$ . On applique donc un test non paramétrique, le test de Wilcoxon, avec les hypothèses suivantes :

- $H_0 : \mu_{\text{Droite}} - \mu_{\text{Centre}} = 0$
- $H_1 : \mu_{\text{Droite}} - \mu_{\text{Centre}} > 0$

➤ `wilcox.test(DroiteOuvert-CentreOuvert, alternative="greater")`

Wilcoxon signed rank test with continuity correction

data: DroiteOuvert - CentreOuvert

V = 426, p-value = 3.155e-06

alternative hypothesis: true location is greater than 0

La p-value est très inférieure à 5%, on rejette donc l'hypothèse  $H_0$ . Les résultats sont donc meilleurs lorsque la source cible est à droite que lorsqu'elle est au centre.



Enfin, nous allons comparer les résultats avec la source cible à gauche et au centre.

➤ `shapiro.test(GaucheOuvert-CentreOuvert)`

Shapiro-Wilk normality test

data: GaucheOuvert - CentreOuvert

W = 0.9071, p-value = 0.01258

La p-value est très inférieure à 5%, l'hypothèse  $H_0$  de normalité est donc rejetée. On applique un test de Wilcoxon non paramétrique avec les hypothèses suivantes :

- $H_0 : \mu_{\text{Gauche}} - \mu_{\text{Centre}} = 0$
- $H_1 : \mu_{\text{Gauche}} - \mu_{\text{Centre}} > 0$

➤ `wilcox.test(GaucheOuvert-CentreOuvert, alternative="greater")`

Wilcoxon signed rank test with continuity correction

data: GaucheOuvert - CentreOuvert

V = 406, p-value = 1.914e-06

alternative hypothesis: true location is greater than 0

La p-value est très inférieure à 5%, on doit donc rejeter l'hypothèse  $H_0$  au profit de l'hypothèse  $H_1$ . Les résultats sont donc meilleurs lorsque la source cible est spatialisée à gauche que lorsqu'elle est spatialisée au centre.

## V. Etude des résultats du second protocole

Le but du second protocole est d'estimer la valeur de l'angle moyen entre la source cible et la source perturbatrice à partir duquel la distinction des sons est grandement affectée. Pour cela nous avons fait passer aux candidats une série de 16 tests dans les deux configurations. Dans ces séries l'angle entre les deux sources varie entre chaque test de  $-60^\circ$  à  $+60^\circ$  avec un pas de  $10^\circ$ . De plus lorsque les sons sont superposés, on joue sur l'intensité de la source cible, qui passe de 4dB à 12dB.

### 1) Etude en champ fermé

Après traitement des résultats on obtient les courbes suivantes :

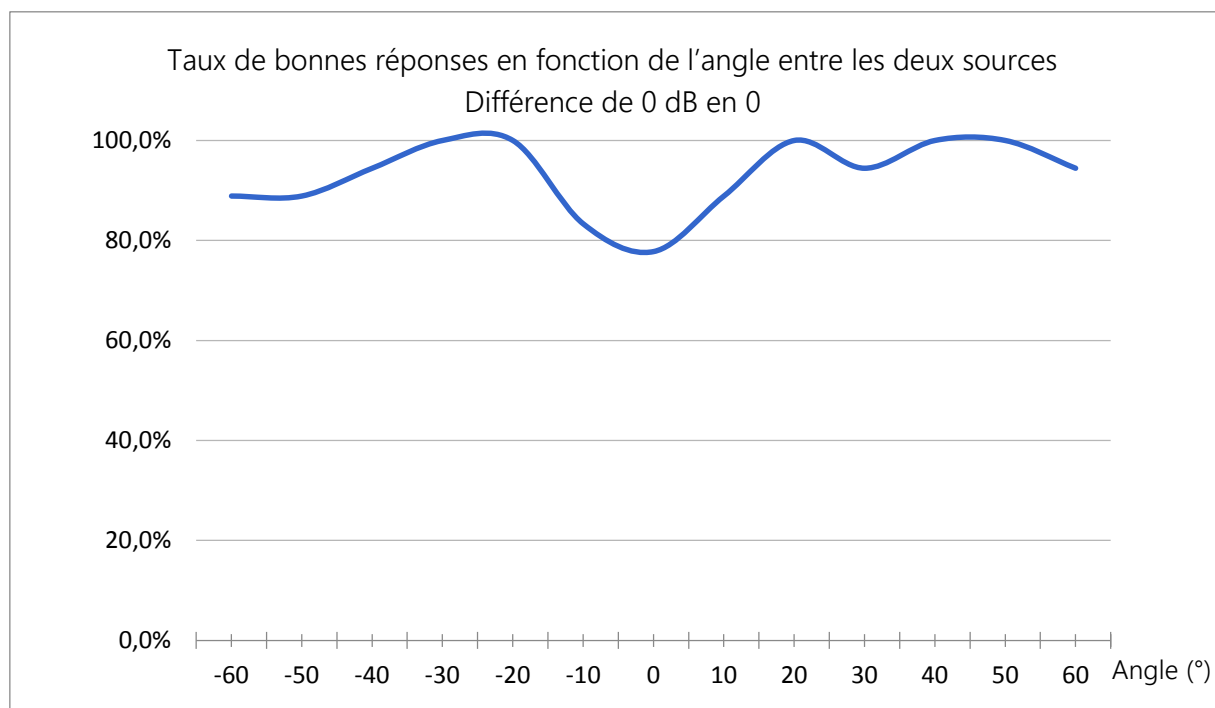


Figure 19. Courbe du taux de bonnes réponses au protocole 2 en champ fermé - Différence de 0 dB

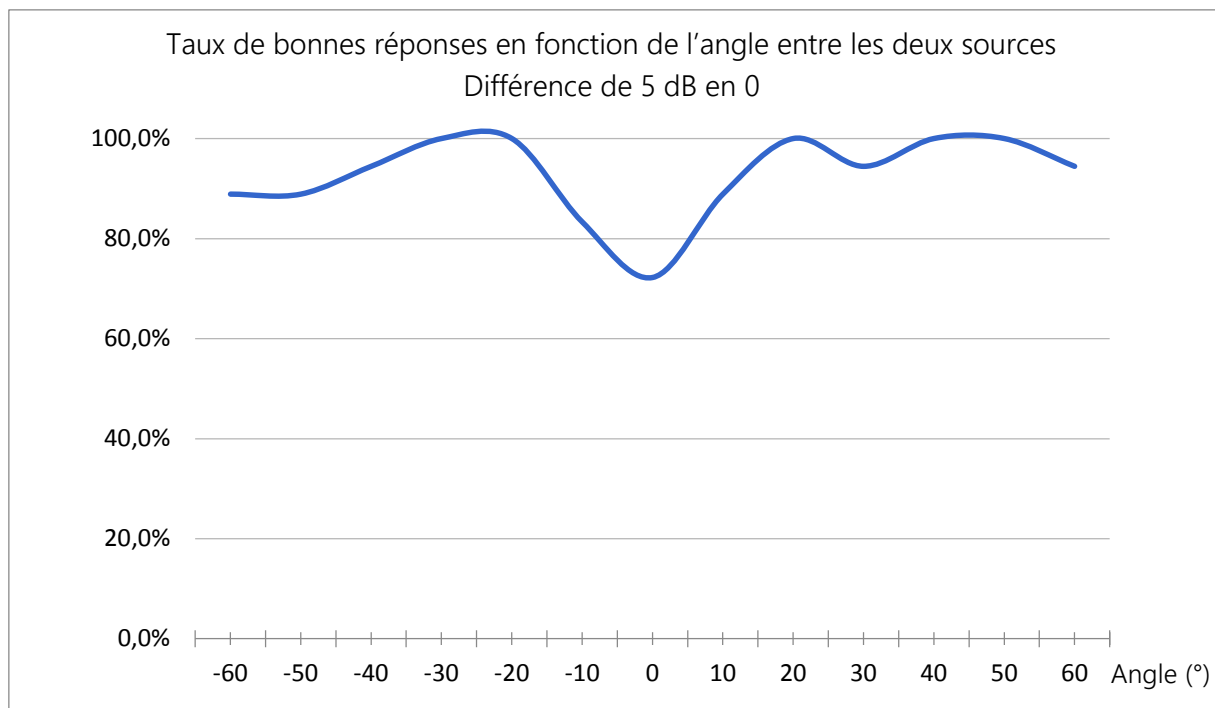


Figure 20. Courbe du taux de bonnes réponses au protocole 2 en champ fermé - Différence de 5 dB

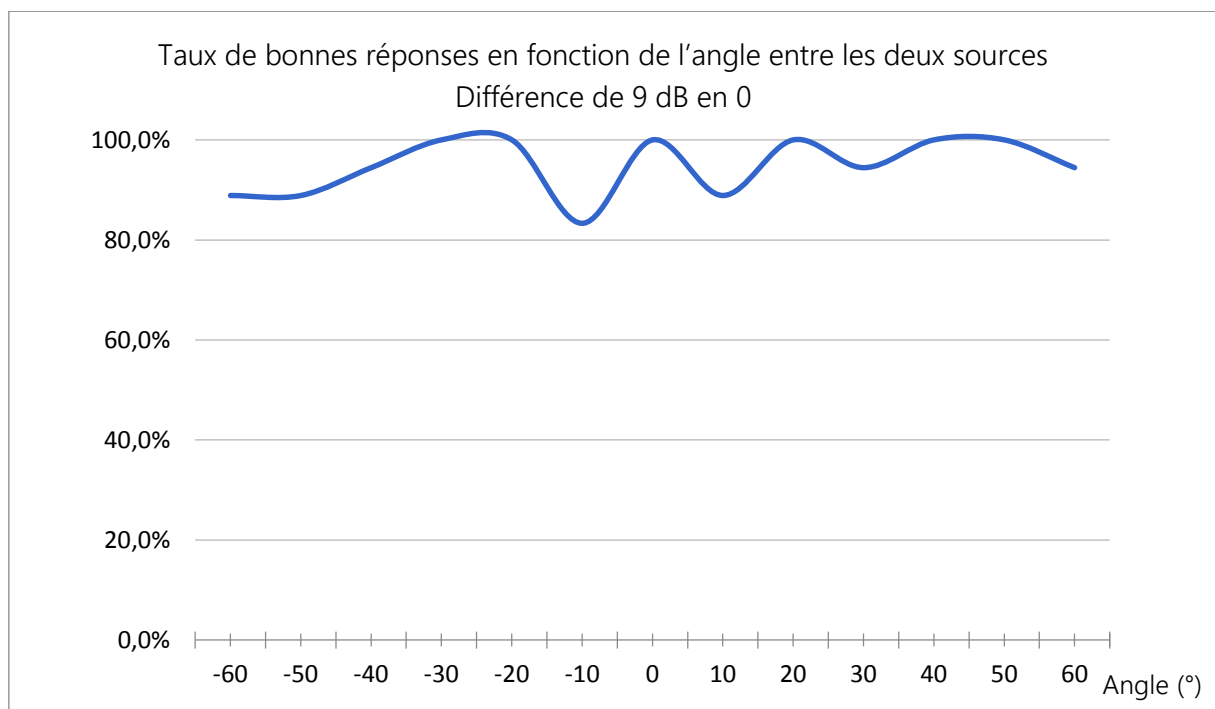


Figure 21. Courbe du taux de bonnes réponses au protocole 2 en champ fermé - Différence de 9 dB

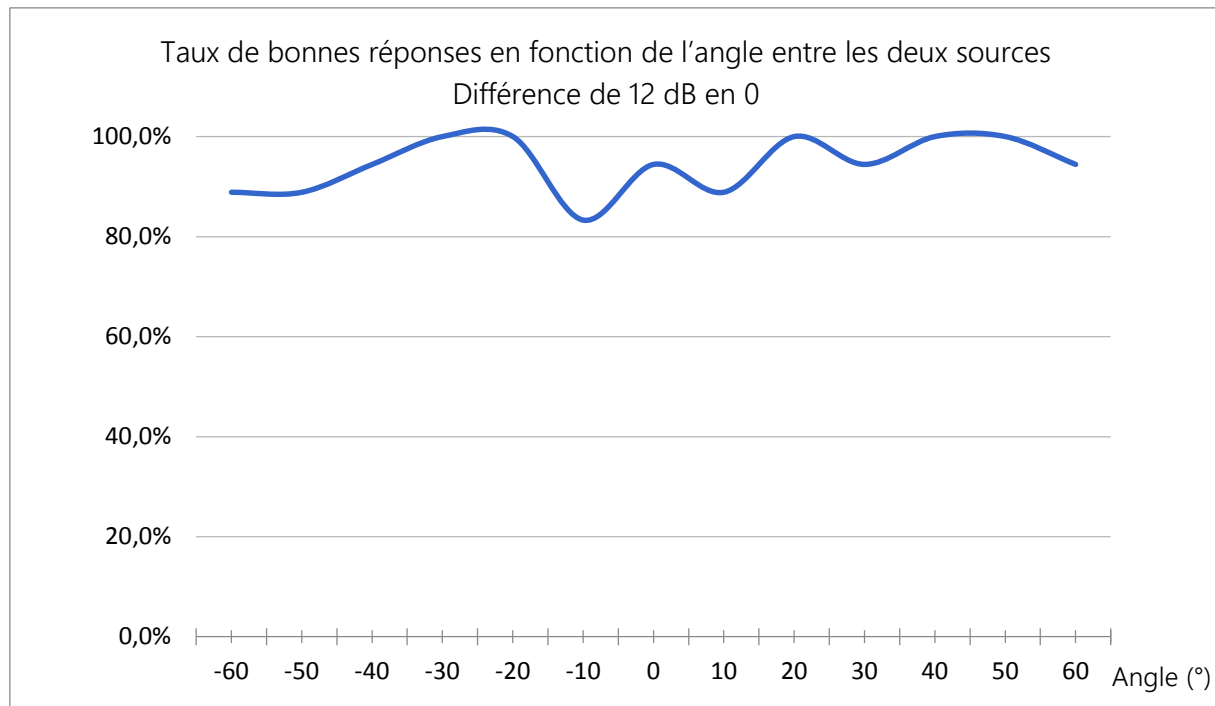


Figure 22. Courbe du taux de bonnes réponses au protocole 2 en champ fermé - Différence de 12 dB

On peut tout d'abord noter que lorsqu'il n'y a aucune différence d'intensité et que les deux sources sont en 0°, la difficulté est augmentée : les résultats sont bien moins bons. Cependant lorsque l'intensité de la source cible augmente, cela améliore les résultats. Il peut par ailleurs être important de remarquer qu'en 0° lorsque la différence d'intensité passe de 9dB à 12dB cela détériore les résultats (5% de bonnes réponses en moins). Cela peut cependant être dû aux réponses sur ces tests qui ne sont pas exactement les mêmes.

On remarque ensuite que les deux sources sont plus difficilement différenciables lorsque l'angle prend des valeurs inférieures à 10° du côté gauche. En effet du côté droit (angles positifs) on ne retrouve pas ce même phénomène.

On peut aussi remarquer lorsque l'angle formé par les deux sources est égal à +/- 60° les résultats sont légèrement moins bon que lorsque l'angle est légèrement inférieur.

Pour conclure, en champ fermé la valeur d'angle limite est différente à droite d'à gauche. Il faut compter au minimum 20° lorsque la source perturbatrice est à droite pour avoir une différenciation suffisamment aisée. S'éloigner de cette valeur n'a ensuite pas beaucoup d'impact. Lorsque la source perturbatrice est à gauche il est préférable d'avoir un angle proche de -20°. En effet à partir de -30° la distinction est plus difficile.

## 2) Etude en champ ouvert

Nous avons effectué le même traitement et la même analyse en champ ouvert. On a alors obtenu la courbe suivante :

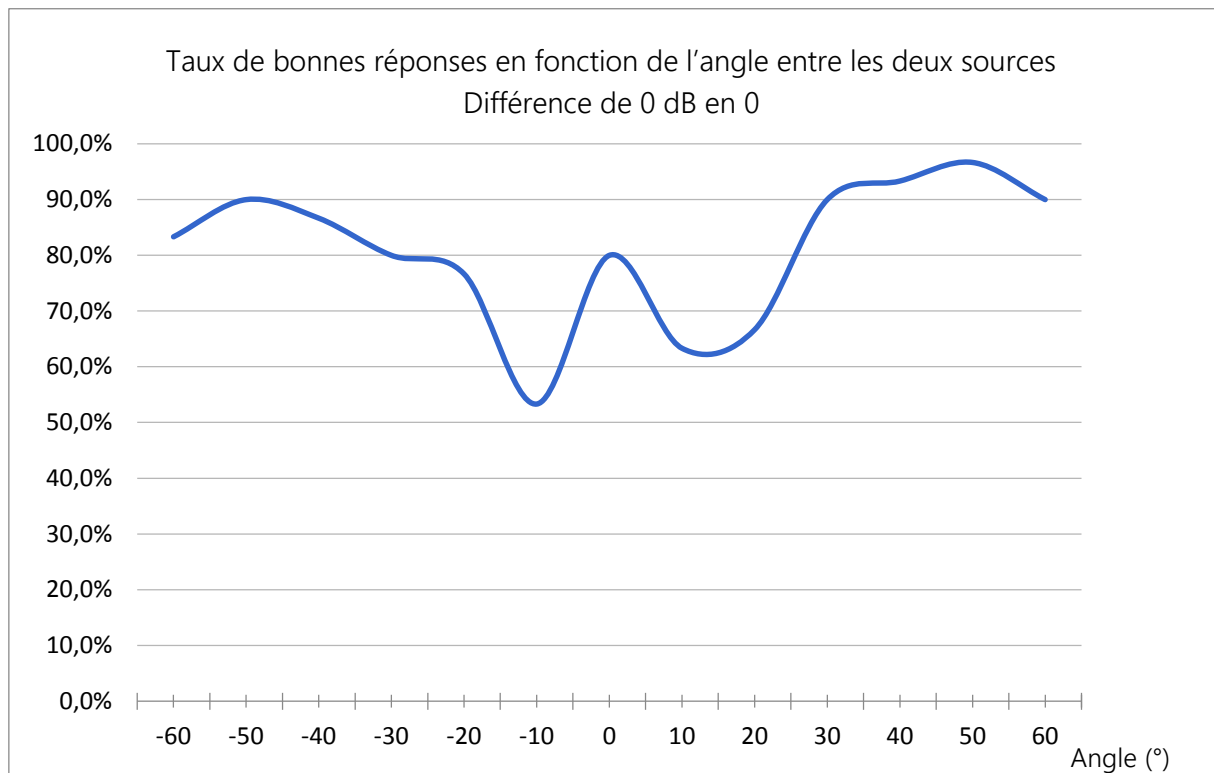


Figure 23. Courbe du taux de bonnes réponses au protocole 2 en champ ouvert - Différence de 0 dB

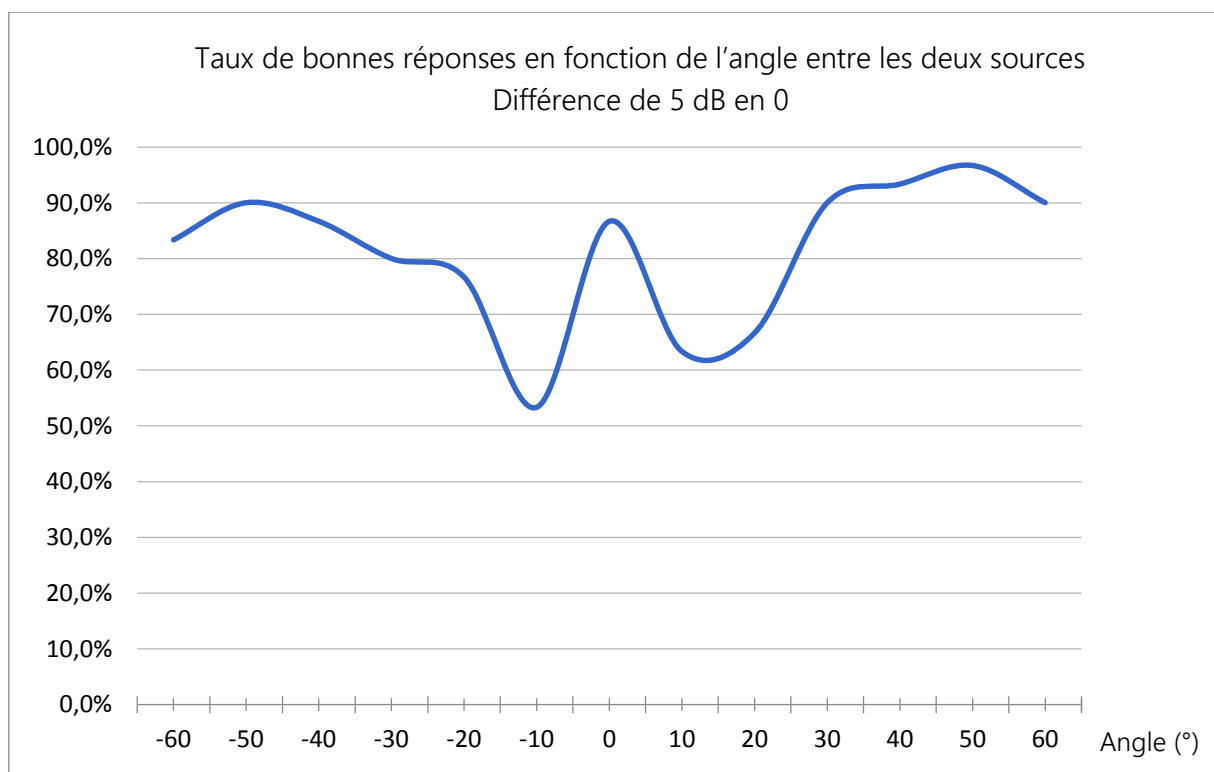


Figure 24. Courbe du taux de bonnes réponses au protocole 2 en champ ouvert - Différence de 5 dB

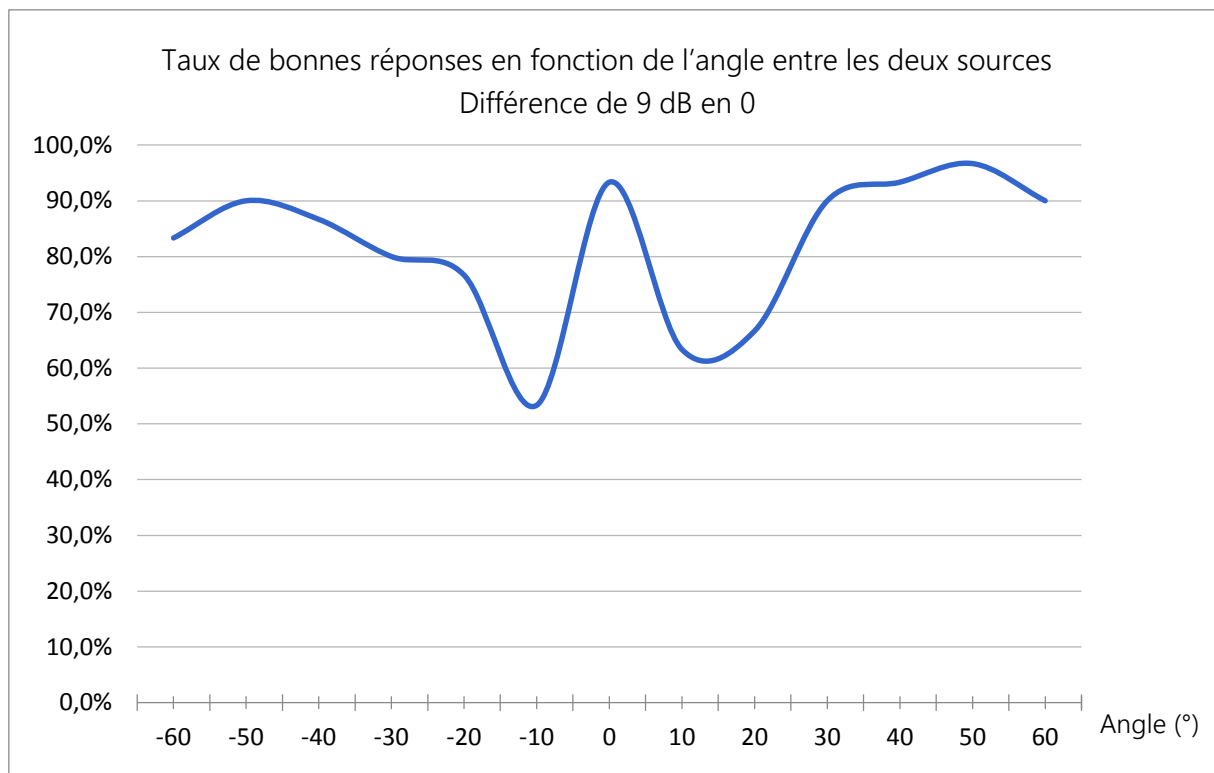


Figure 25. Courbe du taux de bonnes réponses au protocole 2 en champ ouvert - Différence de 9 dB

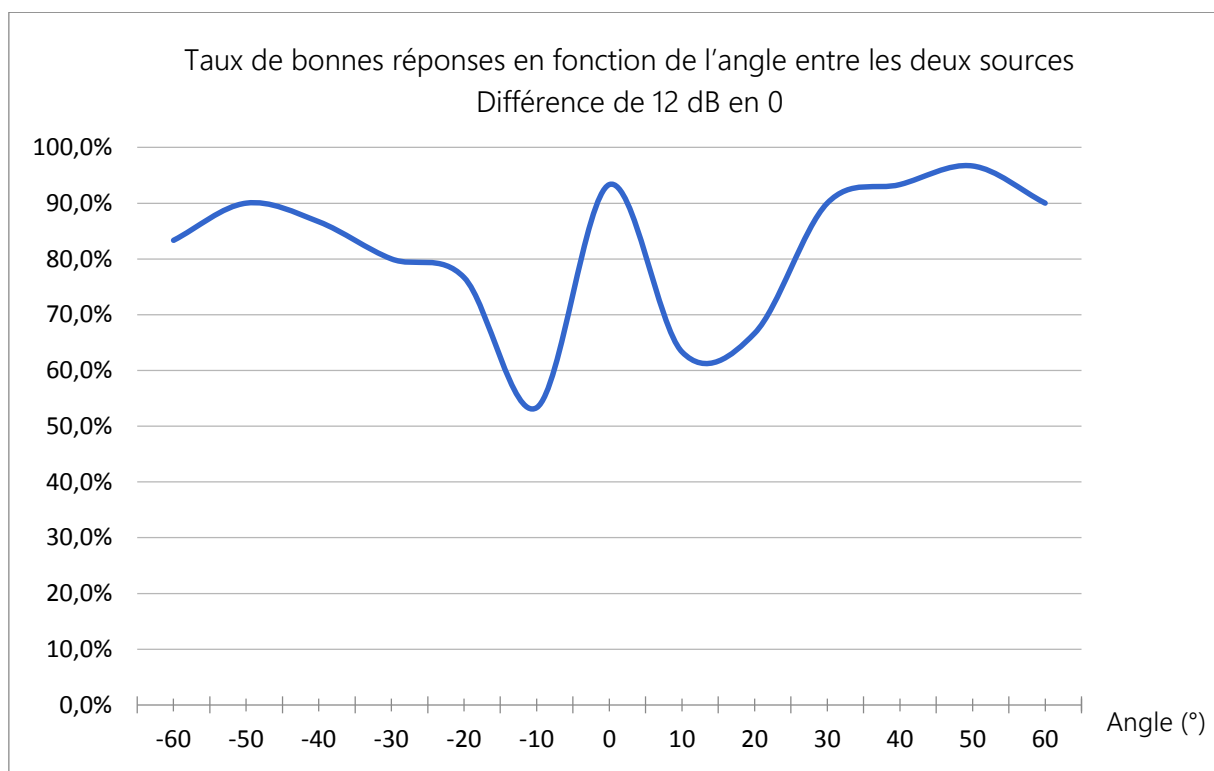


Figure 26. Courbe du taux de bonnes réponses au protocole 2 en champ ouvert - Différence de 12 dB

On peut tout d'abord noter que les taux de bonnes réponses montent moins haut qu'en champ fermé : ici on n'atteint jamais les 100% de bonnes réponses, peu importe le cas dans lequel on se place.

De plus, peu importe le cas en  $0^\circ$ , on observe les mêmes creux à  $-10^\circ$  et  $+10^\circ$ . On remarque cependant que les taux de bonnes réponses sont légèrement supérieurs lorsque la source cible est du côté droit que lorsqu'elle est du côté gauche.

On peut voir également que lorsque la différence de décibels augmente en  $0^\circ$ , le taux de bonnes réponses augmente. Cependant une différence de  $+12\text{dB}$  ne donne pas de meilleurs résultats qu'une différence de  $+9\text{dB}$ .

Pour finir, les valeurs minimales des angles pour avoir une distinction efficace des sources cible et perturbatrice semble être de  $\pm 20^\circ$ . Pour avoir une meilleure précision sur ces résultats, il faudrait effectuer de nouveau ces tests avec un pas plus petit, de l'ordre de  $2^\circ$ .

## Conclusion

	Champ fermé	Champ ouvert
Monophonique (/30)	33,03	36,77
Source cible au centre (/30)	90,00	79,90
Source cible à droite (/30)	95,90	91,10
Source cible à gauche (/30)	93,03	90,43
Source cible au centre + Radio (/10)	-	81,30
Source cible à droite + Radio (/10)	-	91,00
Source cible à gauche + Radio (/10)	-	79,70

Figure 27. Tableau récapitulatif des scores moyens obtenus à chaque test

	Configuration	
	Champ fermé	Champ ouvert
Monophonique	+	++
Source cible à gauche	++	++
Source cible au centre	++	+
Source cible à droite	++	+

Figure 28. Tableau récapitulatif des comparaisons selon la configuration

	Position de la source cible		
	Gauche	Centre	Droite
En champ fermé	++	+	+++
En champ ouvert	++	+	++

Figure 29. Tableau récapitulatif des comparaisons selon la position de la source cible

### Remarque :

Ces tableaux sont uniquement à titre indicatif et montrent les classements établis par comparaisons (cf. parties 2 et 3). Lorsque la couleur est claire, le test concerné est le moins bon du classement et lorsqu'elle est foncée le test est le meilleur du classement.

Lorsque deux cases sont de la même couleur, les scores des tests correspondants sont aussi bons (la différence est non significative d'après les statistiques inférentielles appliquées). Pour plus de précision, voir les parties concernées.

	Position de la source cible	
	Sans radio	Avec radio
Gauche	++	+
Centre	++	++
Droite	++	++

Figure 30. Tableau récapitulatif de la comparaison avec/sans radio

Globalement les résultats en champ ouvert sont plutôt bons et se rapprochent de ceux obtenus en champ fermé. Pour les améliorer, il faudrait peut-être utiliser de meilleurs haut-parleurs afin d'avoir un son aussi bon qu'avec le casque.



## Table des Figures

Figure 1. Répartition des candidats en fonction de leur latéralité.....	5
Figure 2. Répartition des candidats en fonction de leur âge.....	5
Figure 3. Répartition des candidats en fonction de leur sexe.....	6
Figure 4. Boxplot des résultats en monophonique.....	7
Figure 5. Boxplot des résultats avec la source cible au centre.....	8
Figure 6. Boxplot des résultats avec la source cible au centre bis.....	9
Figure 7. Boxplot des résultats avec la source cible à gauche.....	10
Figure 8. Boxplot des résultats avec la source cible à gauche bis.....	10
Figure 9. Boxplot des résultats avec la source cible à droite.....	12
Figure 10. Boxplot des résultats avec la source cible à droite bis.....	12
Figure 11. Boxplot de comparaison des résultats avec et sans radio - centre.....	14
Figure 12. Boxplot de comparaison des résultats avec et sans radio - centre bis.....	14
Figure 13. Boxplot de comparaison des résultats avec et sans radio - droite.....	16
Figure 14. Boxplot de comparaison des résultats avec et sans radio - droite bis.....	16
Figure 15. Boxplot de comparaison des résultats avec et sans radio - gauche.....	18
Figure 16. Boxplot de comparaison des résultats avec et sans radio - gauche bis.....	18
Figure 17. Boxplot de comparaison des résultats selon la position de la cible en champ fermé..	20
Figure 18. Boxplot de comparaison des résultats selon la position de la cible en champ ouvert	23
Figure 19. Courbe du taux de bonnes réponses au protocole 2 en champ fermé	Erreur ! Signet non défini.
Figure 20. Courbe du taux de bonnes réponses au protocole 2 en champ ouvert	Erreur ! Signet non défini.
Figure 21. Tableau récapitulatif des scores moyens obtenus à chaque test.....	32
Figure 22. Tableau récapitulatif des comparaisons selon la configuration.....	32
Figure 23. Tableau récapitulatif des comparaisons selon la position de la source cible.....	32
Figure 24. Tableau récapitulatif de la comparaison avec/sans radio.....	32