

fob'acoustique

Évaluation de la répétabilité des mesures acoustiques selon la nature de l'impulsion. Ballons vs Source de bruit

Synthèse :

Ce document présente les résultats d'une campagne de mesures visant à valider l'utilisation du ballon de baudruche comme alternative à la source de bruit normalisée. À travers deux environnements distincts, l'étude démontre que :

- Les deux méthodes sont strictement équivalentes dans les fréquences médiums et aiguës.
- Les écarts observés dans les basses fréquences lors de la première phase de test s'expliquent par le bruit de fond de la ventilation et non par une défaillance de la source impulsionnelle.
- En environnement calme, la répétabilité et la fidélité du ballon égalent celles du haut-parleur sur l'ensemble du spectre.

Opérateurs : Théo RIGAUD ; Foba MEGNAN

Date des mesures : 30 janvier 2026

TABLE DES MATIERES

1.	OBJET DES MESURES.....	3
2.	PROBLEMATIQUE	3
3.	STANDARDISATION DU DISPOSITIF DE MESURE	4
a.	Maîtrise de l'environnement et de la configuration	4
b.	Standardisation de la présence humaine	4
4.	PRESENTATION DES RESULTATS.....	5
a.	Analyse de la répétabilité (Source identique)	5
b.	Comparaison des méthodes : Haut-Parleur vs Ballon	7
5.	PRESENTATION DES RESULTATS DANS LE LOGEMENT.....	8
a.	Analyse de la répétabilité (Source identique)	8
b.	Comparaison des méthodes : Haut-Parleur vs Ballon	10
6.	CONCLUSION	11

1. OBJET DES MESURES

La présente étude s'inscrit dans le cadre d'une analyse comparative des méthodes de caractérisation acoustique d'un local. L'objectif principal est de vérifier l'influence de la nature de la source d'excitation sur le calcul du temps de réverbération. Le temps de réverbération est une propriété intrinsèque de la salle. Théoriquement, ce paramètre doit rester constant quelle que soit la source utilisée. Cependant, les caractéristiques physiques varient selon le type de source que l'on utilise.

2. PROBLEMATIQUE

Il s'agit de déterminer si une impulsion générée électroniquement par une source de bruit normalisée produit une réponse identique à celle d'une impulsion générée par l'éclatement d'un ballon.

Les points de comparaison portent sur :

- La stabilité des résultats sur l'ensemble du spectre fréquentiel.
- La répétabilité des mesures pour une même source de bruit.



Photo 1: Source de bruit normalisée



Photo 2: Ballon

3. STANDARDISATION DU DISPOSITIF DE MESURE

Afin de limiter au maximum l'influence humaine un protocole rigoureux a été appliqué pour maintenir des conditions de mesures identiques.

a. Maîtrise de l'environnement et de la configuration

- **Reproductibilité spatiale** : Des marquages au sol ont été effectués pour garantir que le centre acoustique de chaque source (ballon et haut-parleur) ainsi que les positions microphoniques soient strictement identiques d'une série à l'autre.
- **Configuration du local** : Toutes les ouvertures (portes et fenêtres) ont été maintenues fermées durant l'intégralité des essais pour stabiliser le volume de contrôle et l'absorption du local.
- **Stabilité du bruit de fond** : Aucun déplacement de véhicule ou activité humaine bruyante n'a eu lieu à proximité immédiate du lieu de mesure, assurant une ambiance acoustique stable.

b. Standardisation de la présence humaine

Pour éviter que l'absorption acoustique ou la diffraction causée par le corps des opérateurs ne varie entre les deux méthodes :

- **Maintien du personnel** : Le nombre d'opérateurs (deux personnes maximum) et leurs positions dans la salle sont restés inchangés.
- **Simulation de présence** : Une personne s'est tenue systématiquement à côté du haut-parleur lors du déclenchement électronique, afin de reproduire exactement l'influence physique présente lors de l'éclatement manuel du ballon.



NB : Pour chaque impulsion, nous avons vérifié l'obtention d'une dynamique minimale de 60 dB au-dessus du bruit de fond

4. PRESENTATION DES RESULTATS

L'analyse des résultats s'articule en deux étapes : la vérification de la répétabilité du protocole (même source), puis l'étude de l'influence de la nature de l'excitation (sources différentes).

a. Analyse de la répétabilité (Source identique)

Avant de comparer les types de sources, nous avons effectué plusieurs mesures successives avec la même source afin d'évaluer la stabilité de notre protocole.

Position 1			
Fréquence en Hz	Durée en s		
	Test 1	Test 2	Ecart
50	12,1	5,3	6,8
63	4,5	3,4	1,1
80	4,5	4,7	-0,2
100	5,3	5,0	0,3
125	6,8	6,9	-0,1
160	5,5	5,6	0,0
200	4,4	5,0	-0,5
250	6,8	7,1	-0,3
315	5,3	5,4	-0,1
400	4,8	4,7	0,1
500	4,7	4,7	0,0
630	4,7	4,8	-0,1
800	4,9	4,7	0,1
1000	4,3	4,3	0,0
1250	4,0	4,1	0,0
1600	3,8	3,7	0,0
2000	3,4	3,4	0,0
2500	3,0	3,0	0,0
3150	2,5	2,5	0,0
4000	2,2	2,1	0,1
5000	1,7	1,6	0,0

Position 2			
Fréquence en Hz	Durée en s		
	Test 1	Test 2	Ecart
50	6,2	7,5	-1,4
63	4,1	5,5	-1,4
80	4,2	4,1	0,1
100	4,5	4,6	-0,1
125	5,1	7,6	-2,5
160	5,2	5,2	0,0
200	5,1	5,0	0,1
250	7,9	7,8	0,2
315	5,8	5,9	-0,1
400	5,5	5,8	-0,3
500	4,7	4,7	0,0
630	4,7	4,8	-0,1
800	4,7	4,6	0,1
1000	4,2	4,2	0,0
1250	4,1	4,2	-0,1
1600	3,7	3,8	-0,1
2000	3,4	3,4	0,1
2500	3,0	2,9	0,1
3150	2,6	2,6	0,0
4000	2,1	2,1	0,0
5000	1,7	1,7	0,0

Tableau 1: Temps de réverbération avec la source de bruit normalisée

Observations : Sur les deux positions, l'écart entre le Test 1 et le Test 2 est quasiment nul dans les Médioms/Aigus (500 Hz - 5000 Hz). On observe une répétabilité de 0,0 s à 0,1 s. Cela démontre que le système électronique est parfaitement constant et que l'influence des opérateurs est totalement maîtrisée. Dans les basses fréquences nous observons des écarts.

Position 1			
Fréquence en Hz	Durée en s		
	Test 1	Test 2	Ecart
50	8,6	8,5	0,1
63	6,9	6,7	0,1
80	5,2	5,4	-0,2
100	4,7	4,7	0,0
125	6,9	7,3	-0,4
160	4,8	5,6	-0,7
200	5,0	4,9	0,1
250	7,5	7,5	-0,1
315	5,3	5,3	0,1
400	4,7	4,8	-0,1
500	4,6	4,6	0,0
630	4,5	4,6	-0,1
800	4,4	4,6	-0,2
1000	4,4	4,4	0,0
1250	4,1	4,0	0,0
1600	3,7	3,6	0,0
2000	3,3	3,4	-0,1
2500	2,9	3,0	-0,1
3150	2,5	2,6	-0,1
4000	2,1	2,1	0,0
5000	1,7	1,7	0,0

Position 2			
Fréquence en Hz	Durée en s		
	Test 1	Test 2	Ecart
50	5,9	6,0	-0,1
63	4,9	5,2	-0,3
80	4,3	4,4	0,0
100	4,7	3,0	1,7
125	6,0	7,3	-1,4
160	4,4	4,8	-0,4
200	5,8	5,6	0,1
250	6,8	8,6	-1,8
315	5,6	6,1	-0,4
400	5,3	5,6	-0,3
500	5,0	4,8	0,2
630	4,6	4,7	-0,1
800	4,7	4,7	0,0
1000	4,4	4,4	0,0
1250	4,1	4,1	0,0
1600	3,7	3,7	-0,1
2000	3,4	3,4	-0,1
2500	2,9	2,9	0,0
3150	2,6	2,5	0,1
4000	2,1	2,1	-0,1
5000	1,8	1,8	0,0

Tableau 2 : Temps de réverbération avec les ballons

Observations : Sur les deux positions, l'écart entre le Test 1 et le Test 2 est quasiment nul dans les MédiuMs/Aigus (500 Hz - 5000 Hz). On observe une répétabilité de 0,0 s à 0,1 s. Cela prouve que l'éclatement manuel du ballon est une méthode tout aussi répétable que la source électronique dans cette plage de fréquences. Dans les basses les écarts sont également présents mais, curieusement, semblent parfois plus contenus que ceux du haut-parleur à 50 Hz (seulement 0,1 s d'écart en Position 2).

b. Comparaison des méthodes : Haut-Parleur vs Ballon

Après avoir validé la répétabilité de chaque source prise individuellement, nous procédons à la comparaison croisée des résultats (moyenne HP vs moyenne Ballon) sur les deux positions.

Position 1				Position 2			
Fréquence en Hz	Durée en s			Fréquence en Hz	Durée en s		
	HP	Ballon	Ecart		HP	Ballon	Ecart
50	8,7	8,6	0,1	50	6,8	5,9	0,9
63	3,9	6,8	-2,9	63	4,8	5,1	-0,3
80	4,6	5,3	-0,7	80	4,1	4,4	-0,2
100	5,1	4,7	0,4	100	4,5	3,9	0,6
125	6,9	7,1	-0,2	125	6,3	6,7	-0,3
160	5,6	5,2	0,4	160	5,2	4,6	0,6
200	4,7	5,0	-0,3	200	5,0	5,7	-0,7
250	6,9	7,5	-0,6	250	7,8	7,7	0,1
315	5,4	5,3	0,1	315	5,9	5,8	0,0
400	4,7	4,8	0,0	400	5,6	5,4	0,2
500	4,7	4,6	0,1	500	4,7	4,9	-0,2
630	4,7	4,5	0,2	630	4,7	4,6	0,1
800	4,8	4,5	0,3	800	4,6	4,7	-0,1
1000	4,3	4,4	-0,1	1000	4,2	4,4	-0,2
1250	4,0	4,1	0,0	1250	4,1	4,1	0,0
1600	3,7	3,6	0,1	1600	3,8	3,7	0,1
2000	3,4	3,3	0,1	2000	3,4	3,4	0,0
2500	3,0	3,0	0,0	2500	2,9	2,9	0,0
3150	2,5	2,6	0,0	3150	2,6	2,5	0,1
4000	2,1	2,1	0,0	4000	2,1	2,1	0,0
5000	1,7	1,7	-0,1	5000	1,7	1,8	-0,1

Tableau 3 : Comparaison des temps de réverbération via la source de bruit et via les ballons

Observations : Sur l'ensemble du spectre de 500 Hz à 5000 Hz, l'écart entre le haut-parleur et le ballon est de l'ordre de **0,0 s à 0,2 s**. Pour les fréquences médiums et hautes, le ballon et la source électronique sont strictement équivalents. La réponse impulsionnelle de la salle est la même, quelle que soit la source utilisée. Nous constatons des écarts dans les basses.

NB : L'écart observé dans le grave (sous 250 Hz) entre le Haut-Parleur et le Ballon a soulevé la question de l'influence du bruit de fond, notamment la ventilation du local qui présentait une signature acoustique dans les basses fréquences. **Afin de s'assurer que la ventilation n'était pas la cause principale de ces divergences, l'expérience a été répétée dans un environnement différent (logement privé) présentant un bruit de fond neutre, sans tonalité marquée.**

5. PRESENTATION DES RESULTATS DANS LE LOGEMENT

Les mêmes précautions ont été prises afin d'assurer une répétabilité des mesures : marquages au sol rigoureux, immobilité des opérateurs et maintien d'une configuration spatiale constante.

a. Analyse de la répétabilité (Source identique)

Position 1			
Fréquence en Hz	Durée en s		
	Test 1	Test 2	Ecart
50	1,5	1,5	-0,1
63	1,2	1,2	0,0
80	0,7	0,7	0,0
100	1,0	1,0	0,1
125	0,8	0,8	0,0
160	0,6	0,6	0,0
200	0,7	0,7	0,0
250	0,6	0,6	0,0
315	0,6	0,6	0,0
400	0,5	0,6	-0,1
500	0,6	0,5	0,0
630	0,7	0,6	0,0
800	0,7	0,8	-0,1
1000	0,7	0,7	0,0
1250	0,7	0,7	-0,1
1600	0,6	0,7	0,0
2000	0,6	0,6	0,1
2500	0,6	0,6	0,0
3150	0,6	0,6	0,0
4000	0,5	0,5	0,0
5000	0,5	0,6	0,0

Position 2			
Fréquence en Hz	Durée en s		
	Test 1	Test 2	Ecart
50	1,3	1,2	0,0
63	1,1	1,2	-0,1
80	0,9	0,7	0,2
100	0,8	0,8	0,0
125	0,8	0,8	0,0
160	0,7	0,7	0,0
200	0,8	0,7	0,1
250	0,6	0,6	0,0
315	0,7	0,6	0,1
400	0,6	0,6	0,1
500	0,7	0,7	0,0
630	0,7	0,7	0,0
800	0,7	0,7	0,0
1000	0,8	0,7	0,1
1250	0,7	0,7	0,0
1600	0,7	0,7	0,0
2000	0,8	0,7	0,1
2500	0,6	0,6	0,0
3150	0,6	0,6	0,0
4000	0,6	0,6	0,0
5000	0,6	0,7	-0,1

Tableau 4: Temps de réverbération avec la source de bruit normalisée (dans le logement)

Observations : Sur l'ensemble du spectre, de 50 Hz à 5000 Hz, les écarts entre le Test 1 et le Test 2 sont pratiquement inexistantes. La grande majorité des écarts est de 0,0 s. Les rares variations observées ne dépassent jamais 0,1 s ou 0,2 s. Contrairement au local précédent, même les très basses fréquences (50 Hz - 100 Hz) affichent une répétabilité parfaite.

Position 1				Position 2			
Fréquence en Hz	Durée en s			Fréquence en Hz	Durée en s		
	Test 1	Test 2	Ecart		Test 1	Test 2	Ecart
50	1,7	1,4	0,3	50	1,5	1,2	0,3
63	1,1	1,4	-0,3	63	1,0	1,2	-0,1
80	0,8	1,0	-0,1	80	0,9	1,0	-0,1
100	1,0	1,0	0,0	100	1,2	1,0	0,1
125	0,8	0,8	0,0	125	0,9	0,8	0,1
160	0,7	0,7	0,0	160	0,7	0,7	0,0
200	0,8	0,8	0,0	200	0,7	0,7	0,0
250	0,6	0,6	0,0	250	0,7	0,7	0,0
315	0,6	0,6	0,0	315	0,6	0,6	0,0
400	0,7	0,7	0,0	400	0,5	0,5	0,0
500	0,7	0,7	0,0	500	0,7	0,8	-0,1
630	0,7	0,7	0,0	630	0,7	0,6	0,0
800	0,9	1,0	-0,1	800	0,7	0,7	0,0
1000	0,8	0,8	0,0	1000	0,8	0,9	0,0
1250	0,8	0,8	0,0	1250	0,8	0,8	0,0
1600	0,7	0,7	0,0	1600	0,8	0,8	0,0
2000	0,8	0,7	0,1	2000	0,7	0,9	-0,1
2500	0,8	0,6	0,1	2500	0,6	0,7	-0,1
3150	0,7	0,6	0,1	3150	0,6	0,7	-0,1
4000	0,8	0,7	0,1	4000	0,6	0,8	-0,2
5000	0,8	0,6	0,2	5000	0,6	0,9	-0,2

Tableau 5: Temps de réverbération avec les ballons (dans le logement)

Observations : Contrairement au local précédent, les écarts entre le Test 1 et le Test 2 sont extrêmement faibles, y compris dans les fréquences basses. À la Position 1, les écarts ne dépassent jamais 0,1 s de 100 Hz à 5000 Hz. À 50 Hz, l'écart est seulement de 0,3 s. À la Position 2, la répétabilité est tout aussi forte avec une majorité d'écarts à 0,0 s ou 0,1 s. On note un léger pic de variation à 4000-5000 Hz (0,2 s), ce qui reste négligeable.

b. Comparaison des méthodes : Haut-Parleur vs Ballon

Après avoir validé la répétabilité de chaque source prise individuellement, nous procédons à la comparaison croisée des résultats (moyenne HP vs moyenne Ballon) sur les deux positions.

Position 1				Position 2			
Fréquence en Hz	Durée en s			Fréquence en Hz	Durée en s		
	HP	Ballon	Ecart		HP	Ballon	Ecart
50	1,5	1,5	0,0	50	1,3	1,3	-0,1
63	1,2	1,3	-0,1	63	1,1	1,1	0,0
80	0,7	0,9	-0,2	80	0,8	1,0	-0,2
100	1,0	1,0	0,0	100	0,8	1,1	-0,2
125	0,8	0,8	0,0	125	0,8	0,9	0,0
160	0,6	0,7	0,0	160	0,7	0,7	0,0
200	0,7	0,8	0,0	200	0,7	0,7	0,0
250	0,6	0,6	0,0	250	0,6	0,7	0,0
315	0,6	0,6	0,0	315	0,7	0,6	0,1
400	0,5	0,7	-0,1	400	0,6	0,5	0,0
500	0,6	0,7	-0,2	500	0,7	0,7	0,0
630	0,7	0,7	0,0	630	0,7	0,6	0,0
800	0,7	0,9	-0,2	800	0,7	0,7	-0,1
1000	0,7	0,8	-0,1	1000	0,7	0,9	-0,1
1250	0,7	0,8	-0,1	1250	0,7	0,8	0,0
1600	0,7	0,7	-0,1	1600	0,7	0,8	-0,1
2000	0,6	0,8	-0,1	2000	0,8	0,8	-0,1
2500	0,6	0,7	-0,1	2500	0,6	0,7	-0,1
3150	0,6	0,7	-0,1	3150	0,6	0,6	0,0
4000	0,5	0,8	-0,2	4000	0,6	0,7	-0,1
5000	0,6	0,7	-0,1	5000	0,6	0,7	-0,1

Tableau 6 : Comparaison des temps de réverbération via la source de bruit et via les ballons (dans le logement)

Observations : Contrairement au premier local, il n'y a plus de divergence marquée dans les basses fréquences. Les valeurs sont quasiment identiques de 50 Hz à 5000 Hz.

A la position 1 : Les écarts entre le HP et les ballons oscillent entre **0,0 s et -0,2 s** sur l'intégralité des bandes d'octave. À 50 Hz, l'écart est nul (0,0 s).

A la position 2 : On observe la même précision, avec des écarts maximums de **-0,2 s** dans les fréquences de 80 Hz et 100 Hz. Pour le reste du spectre, les résultats sont pratiquement superposables.

6. CONCLUSION

En conclusion, cette étude démontre que le choix de la source d'excitation n'altère pas la mesure du temps de réverbération, à condition que l'environnement expérimental soit maîtrisé. Les résultats obtenus dans le logement confirment la parfaite validation du ballon de baudruche qui, dans des conditions de bruit de fond maîtrisé, s'avère être une source impulsionnelle aussi performante et fiable qu'une source de bruit. Cette contre-expertise permet d'identifier l'origine des erreurs initiales : les fortes divergences de plusieurs secondes observées sous les 250Hz dans le premier local ne résultaient pas d'une faiblesse intrinsèque du ballon, mais bien de l'influence parasite de la ventilation sur le calcul de la décroissance acoustique. En éliminant ce biais, les mesures révèlent l'universalité de la réponse acoustique d'un local, celui-ci réagissant de manière strictement identique à une impulsion quelle qu'en soit la source.