



L'ANTIBRUIT ACTIF, UN CONCEPT INNOVANT APPLIQUÉ AUX OUVRANTS.

OU
**COMMENT S'AFFRANCHIR D'UN ENVIRONNEMENT URBAIN
BRUYANT.**

PRÉSENTÉ PAR CHRISTIAN CARME

LE 28 AVRIL 2016

Sommaire



- ✓ Qui est TechnoFirst?
- ✓ Nature et caractérisation des bruits urbains
- ✓ Forces et faiblesses des vitrages classiques
- ✓ Comment traiter les bruits basses fréquences?
- ✓ Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages
- ✓ Les concepts et solutions innovantes proposées par TechnoFirst

Qui est TechnoFirst?



- ✓ TechnoFirst a été créée en 1990.
- ✓ Leader mondial de la production de solutions pour traiter le bruit et les vibrations par : contrôle actif.
- ✓ TechnoFirst a un bureau d'études et une unité de production permettant de passer du concept jusqu'au produit série.
- ✓ Elle possède un portefeuille de brevets international.
- ✓ TechnoFirst est cotée à la Bourse de Paris depuis 2003.

Qui est TechnoFirst?



✓ **Activité**

▲ TechnoFirst dispose d'un savoir-faire unique au monde dans le domaine du contrôle électronique du bruit et des vibrations.

✓ **Métier**

▲ TechnoFirst conçoit, développe et distribue des solutions pour réduire les nuisances sonores et vibratoires dans plusieurs secteurs.

✓ **Domaines d'activité**

- ▲ Le bâtiment ;
- ▲ L'industrie ;
- ▲ Le transport.



Qui est TechnoFirst?



✓ **Compétences et performances**

- ▲ 26 brevets internationaux dont 5 nouveaux déposés en 2015 sur les vitrages acoustiques.

✓ **Reconnaisances et distinctions**

- ▲ Label BPI Excellence et société Innovante ;
- ▲ Label pôle de compétitivité (Pégase, ...) ;
- ▲ Certifié confidentiel Défense ;
- ▲ Eligible au Crédit d'impôt Recherche.

✓ **Dynamisme**

- ▲ TechnoFirst a franchi une étape supplémentaire en Bourse le 20 Octobre dernier en passant sur le marché Alternext !

Sommaire



- ✓ Qui est TechnoFirst?
- ✓ Nature et caractérisation des bruits urbains
- ✓ Forces et faiblesses des vitrages classiques
- ✓ Comment traiter les bruits basses fréquences?
- ✓ Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages
- ✓ Les concepts et solutions innovantes proposées par TechnoFirst

Nature et caractérisation des bruits urbains



✓ Les bruits urbains

- ▲ Essentiellement caractérisé par la circulation des véhicules en ville ...

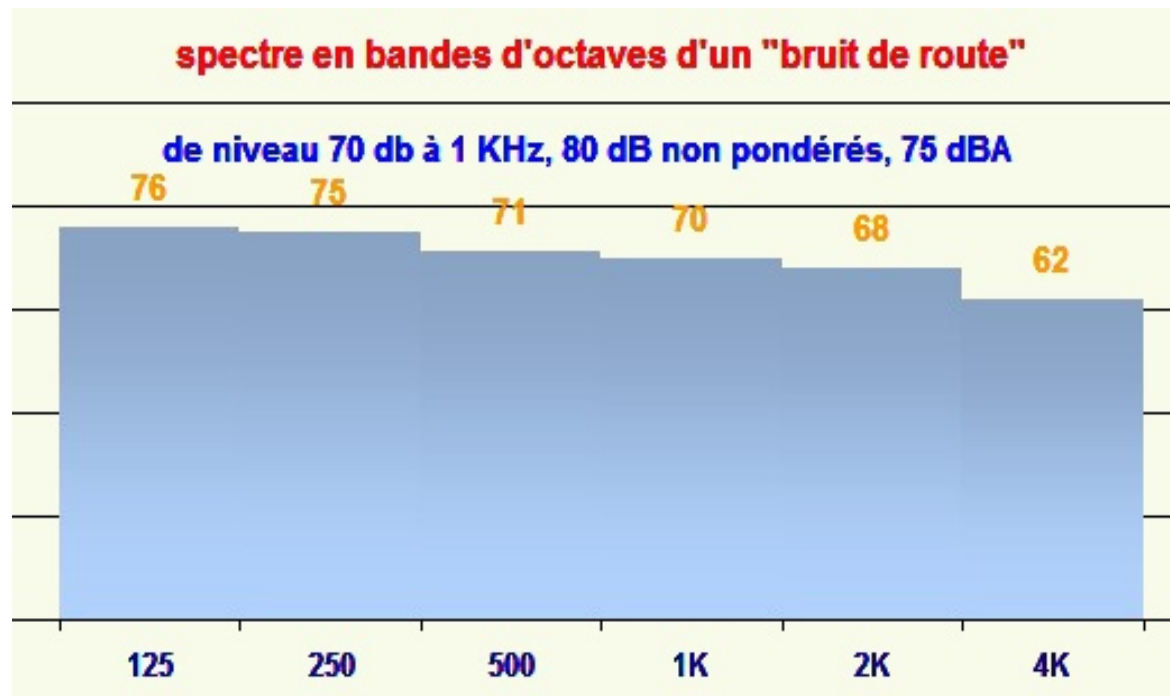


Nature et caractérisation des bruits urbains



✓ Les bruits urbains ou bruits « routiers »

- ▲ Mesure par bandes d'octaves du bruit « routier »

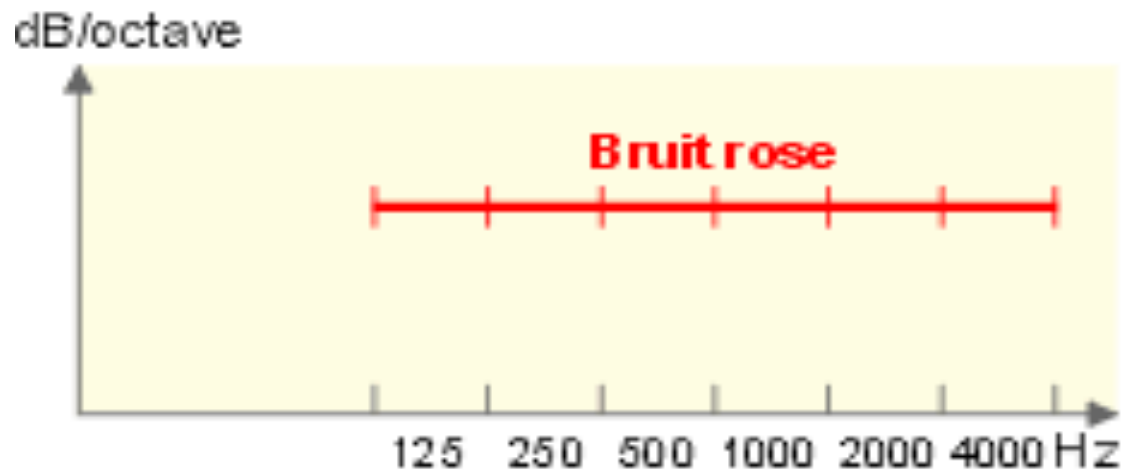


Nature et caractérisation des bruits urbains



✓ Les bruits urbains ou bruits « routiers »

- ▲ Normalisation du bruit « routier » ;
- ▲ Dans le bâtiment on utilise le bruit « rose » pour caractériser les matériaux acoustiques (parois, murs, et c...) ;
- ▲ Le bruit « rose » est un bruit émis avec un niveau sonore équivalent par bande d'octave.



Nature et caractérisation des bruits urbains



✓ Les bruits urbains ou bruits « routiers »

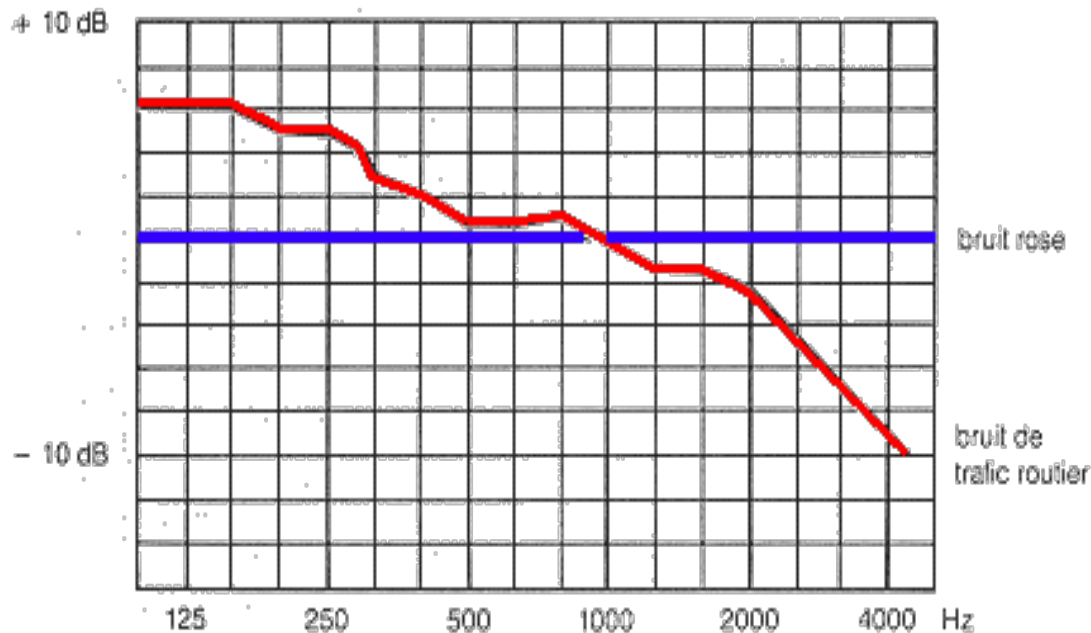
- ▲ Normalisation du bruit « routier ».
- ▲ Définition du bruit « routier » :
 - C'est un bruit normalisé pour simuler le bruit des trafics routiers et ferroviaires.
- ▲ Il est plus riche en basses fréquences que le bruit « rose ».
- ▲ L'énergie contenue dans chaque bande d'octave est fixée par rapport à l'énergie contenue dans la bande d'octave d'un bruit « rose » centrée sur 1000 Hz.
- ▲ Ce qui nous donne la pondération suivante :

125	250	500	1 000	2 000	4 000	Hz
+ 6	+ 5	+ 1	0	- 2	- 8	dB

Nature et caractérisation des bruits urbains

✓ Les bruits urbains ou bruits « routiers »

- ▲ Normalisation du bruit « routier » : comparaison bruit « rose » / bruit « routier »

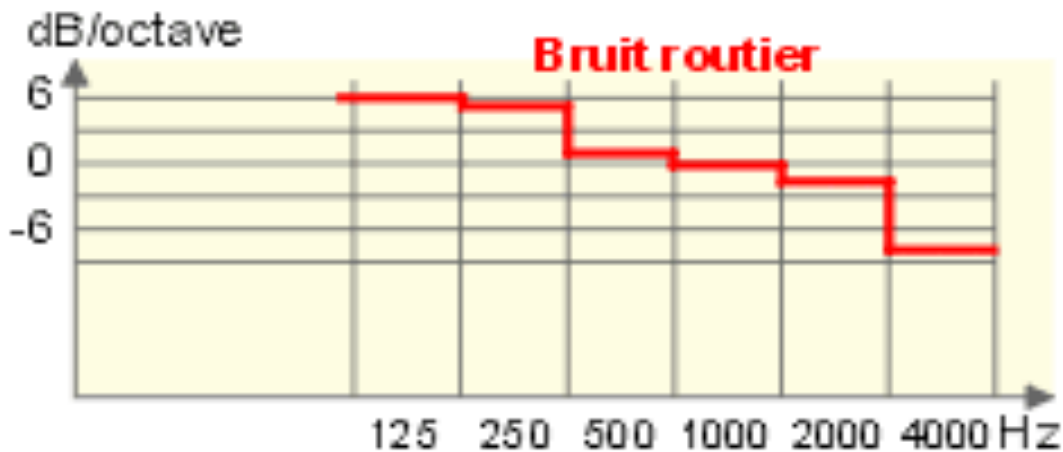


Nature et caractérisation des bruits urbains



✓ Les bruits urbains ou bruits « routiers »

▲ Normalisation du bruit « routier »



▲ Conclusion : Le bruit urbain est essentiellement un bruit très riche en basses fréquences !

Sommaire

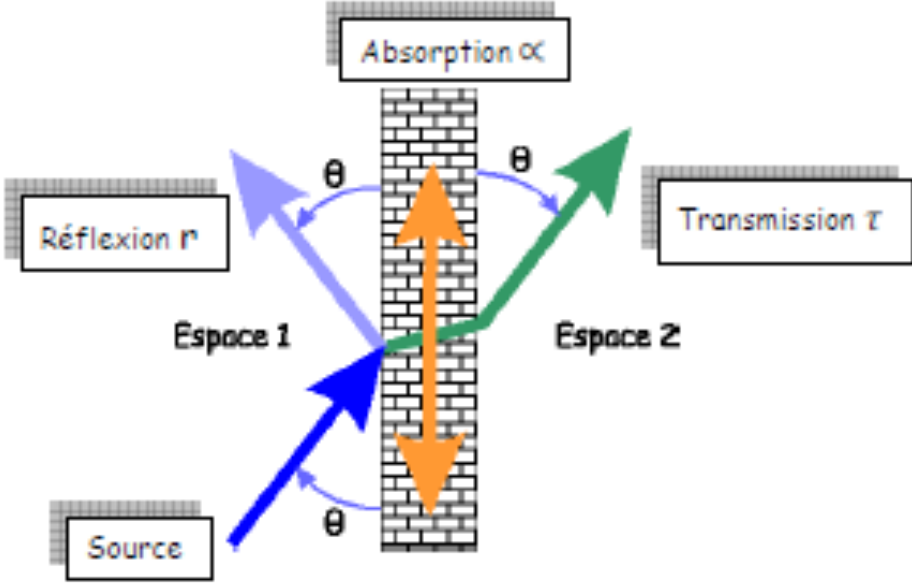


- ✓ Qui est TechnoFirst?
- ✓ Nature et caractérisation des bruits urbains
- ✓ Forces et faiblesses des vitrages classiques
- ✓ Comment traiter les bruits basses fréquences?
- ✓ Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages
- ✓ Les concepts et solutions innovantes proposées par TechnoFirst

Forces et faiblesses des vitrages classiques

✓ **Comment se comportent les vitrages classiques face au bruit « routier »**

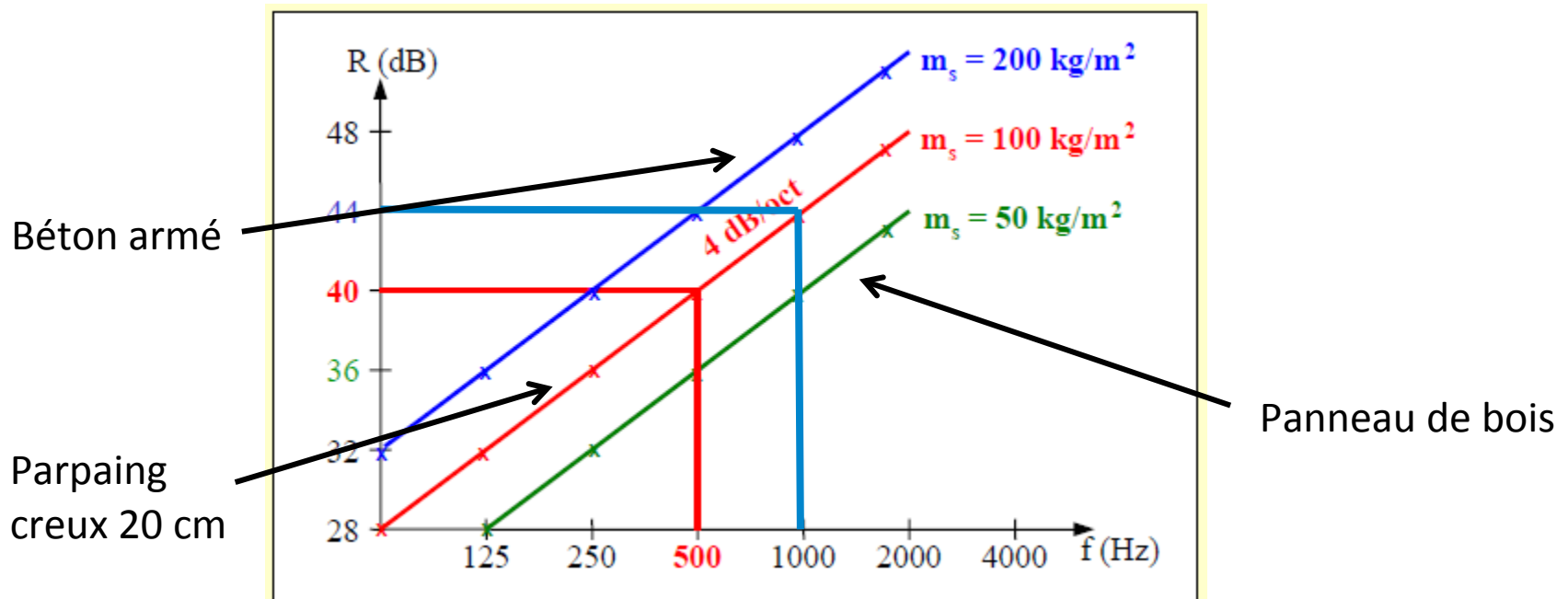
- ▲ Le bruit à traiter est très riche en basses fréquences.
- ▲ Comment réagit une paroi face à un bruit?



Forces et faiblesses des vitrages classiques

✓ Comment se comportent les vitrages classiques face au bruit « routier »

▲ La loi de masse : l'affaiblissement sonore augmente en fonction de la masse ou bien de la fréquence.



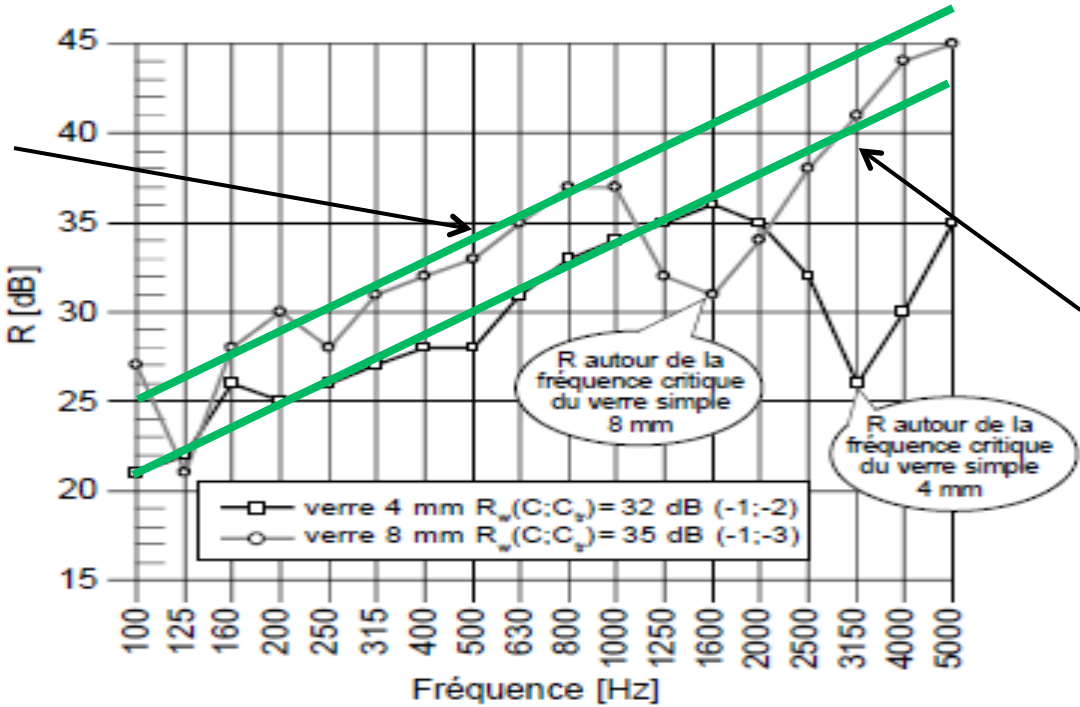
Forces et faiblesses des vitrages classiques



✓ Comment se comportent les vitrages classiques face au bruit « routier »

▲ Atténuation sonore de vitrages simples de 4 et 8 mm

Loi de masse
d'une vitre
de 8 mm



Loi de masse
d'une vitre
de 4 mm

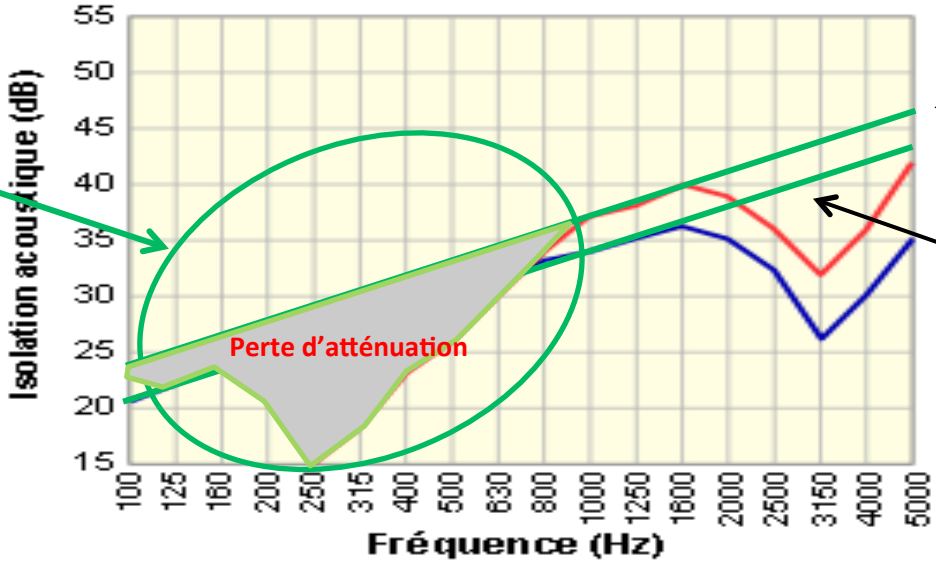
Forces et faiblesses des vitrages classiques



✓ **Comment se comportent les vitrages classiques face au bruit « routier »**

▲ **Atténuation sonore de vitrages de 4 mm simples et doubles**

Perte d'atténuation sonore du double vitrage dans les basses fréquences!



Double vitrage : — verre 4-12-4
Simple vitrage : — verre 4

Loi de masse vitrage simple de 8 mm

Loi de masse vitrage simple de 4 mm

Forces et faiblesses des vitrages classiques



✓ **Comment se comportent les vitrages classiques face au bruit « routier »**

▲ **Atténuation sonore de vitrages simples et doubles**

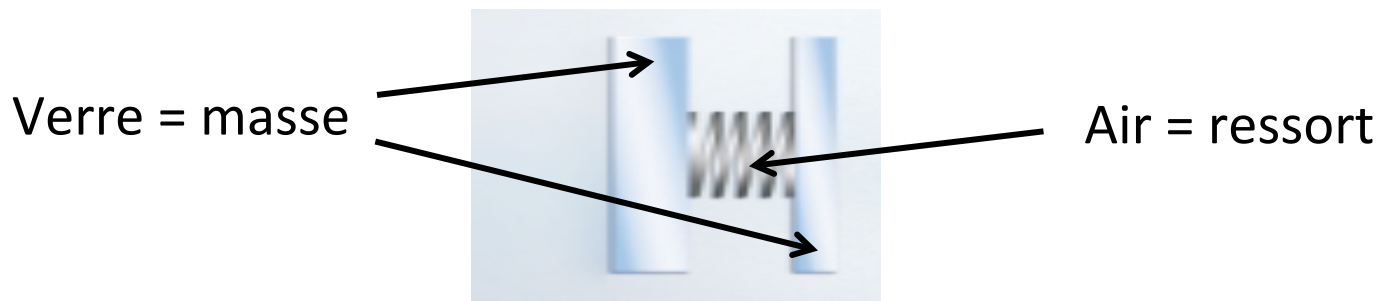
Vitrage	R global dBA pour bruit de route	Vitrage	R global dBA pour bruit de route
Verre simple épaisseur mms		Verre double épaisseur mms 1er verre-lame d'air-2ème verre	
3	27	4-6-4	28
4	28	4-12-4	28
5	29	4-12-6	30
6	30	5-6-5	29
8	32	5-12-5	30
10	33	6-6-6	30
12	34	10-12-8	35
		10-12-12	36

Forces et faiblesses des vitrages classiques



✓ Comment se comportent les vitrages classiques face au bruit « routier »

- ▲ Loi “masse-ressort-masse”: est la raison du défaut des doubles vitrages.
- ▲ Les deux verres sont séparés par un espace d’air qui agit comme un ressort en amortissant les vibrations sonores.

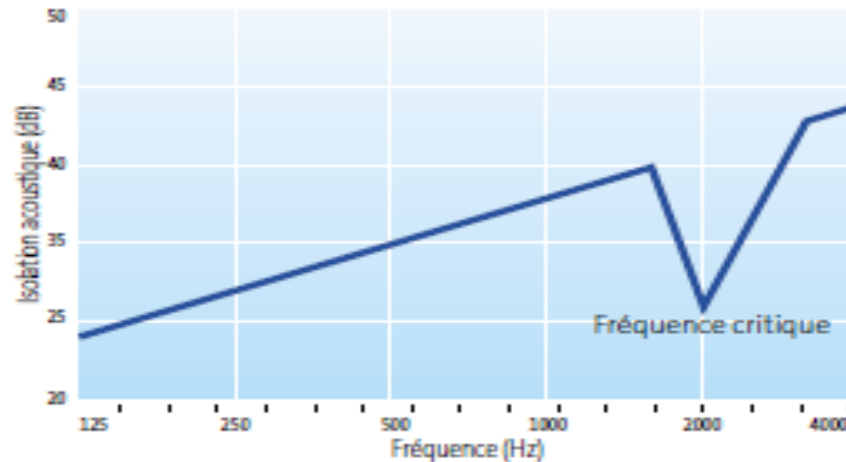


- ▲ Le double vitrage présente une fréquence de résonance, à laquelle le système vibre et **laisse passer les basses fréquences!**

Forces et faiblesses des vitrages classiques

✓ **Comment se comportent les vitrages classiques face au bruit « routier »**

▲ Synthèse : **Simple vitrage**

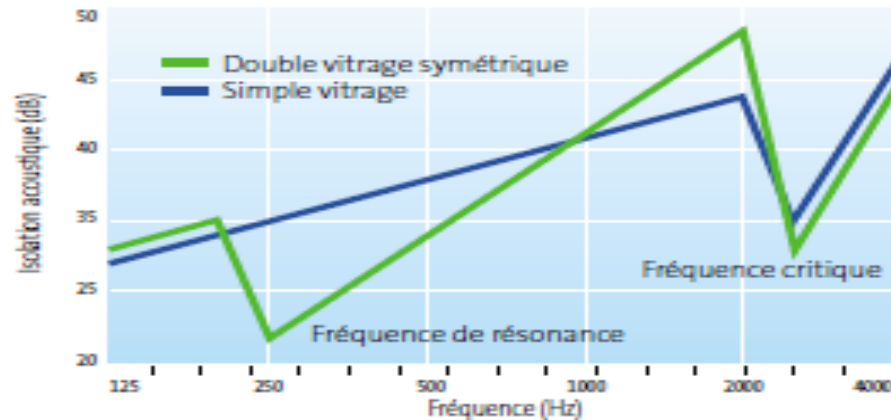


▲ Atténue de mieux en mieux le bruit au fur et à mesure que le son devient aigüe.

Forces et faiblesses des vitrages classiques

✓ Comment se comportent les vitrages classiques face au bruit « routier »

▲ Synthèse : Double vitrage



- ▲ Atténue moins le bruit qu'un simple vitrage dont l'épaisseur est égale à la somme des deux verres du vitrage isolant.
- ▲ Laisse passer les basses fréquences (résonance "masse-ressort-masse").

Forces et faiblesses des vitrages classiques



✓ Comment se comportent les vitrages classiques face au bruit « routier »

▲ Conclusion :

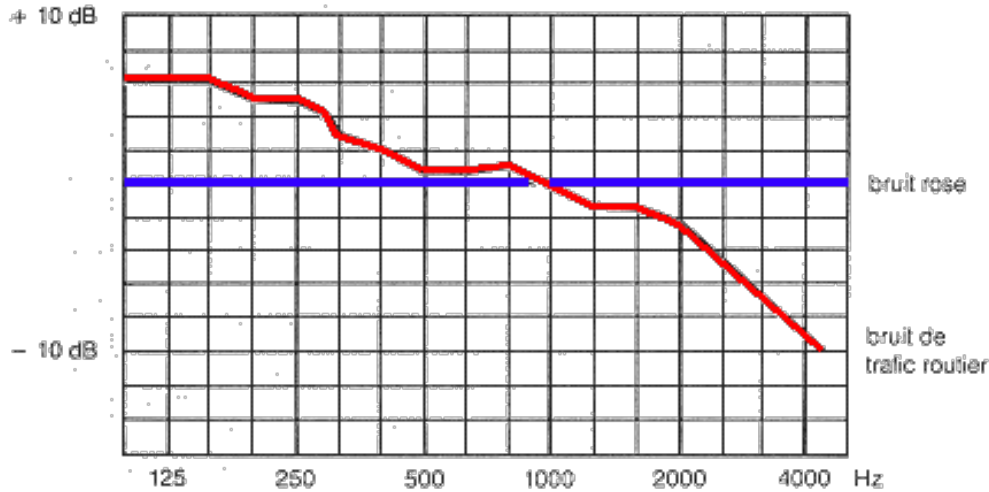
- Le bruit « routier » est **riche en basses fréquences** ;
- Les vitrages simples répondent à la loi de masse ;
- Ils atténuent **bien les fréquences aigües** et moins bien les fréquences basses ;
- Le double vitrage atténue mieux les aigües mais **laisse passer encore plus les basses fréquences** à cause de la vibration masse-ressort-masse ;
- Contrairement à une idée répandue : **les vitrages doubles, à épaisseur de verre égale, sont moins performants que les vitrages simples !**

Forces et faiblesses des vitrages classiques



✓ Comment traiter les bruits basses fréquences

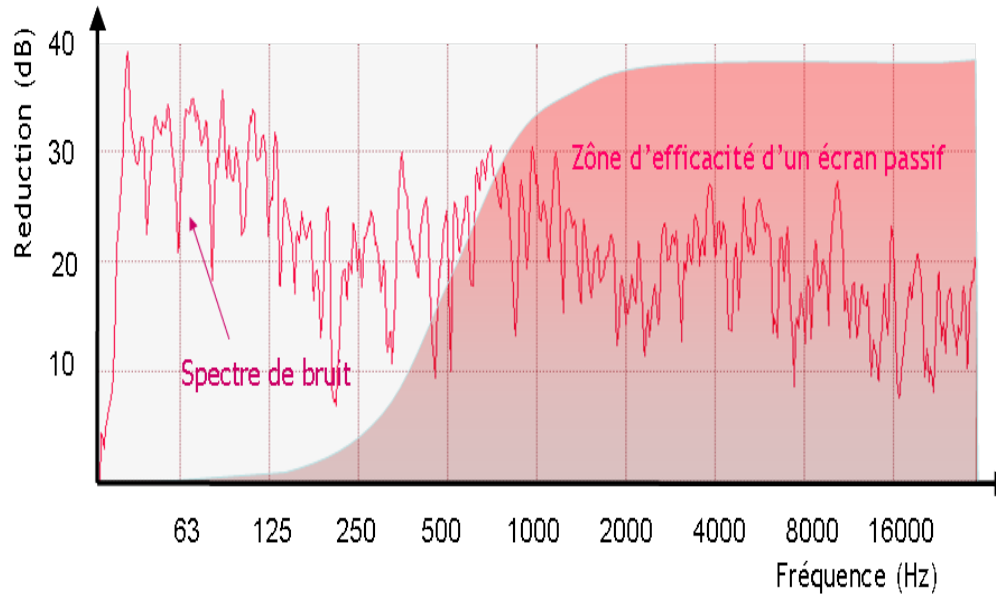
▲ Rappel : un bruit routier



Forces et faiblesses des vitrages classiques

✓ Comment traiter les bruits basses fréquences

- ▲ Rappel : réduction sonore d'un bruit par un écran ou une vitre (dite : atténuation « passive »)

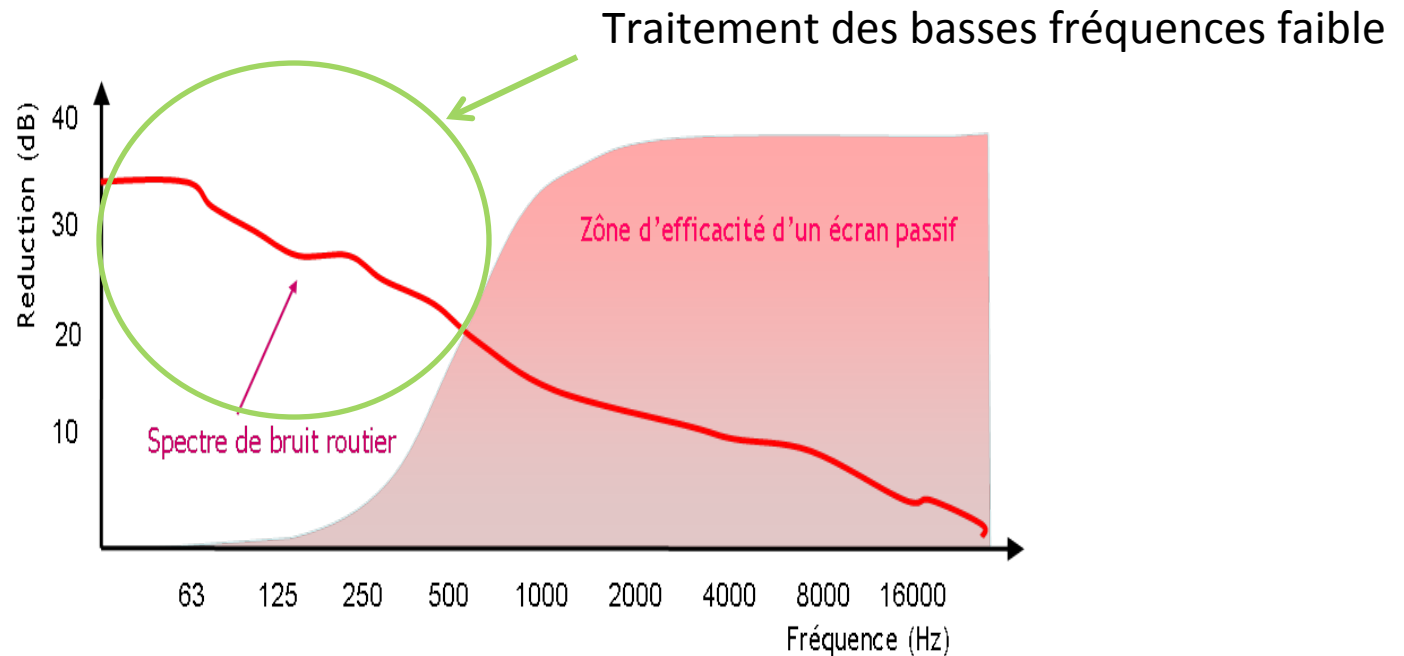


Forces et faiblesses des vitrages classiques



✓ Comment traiter les bruits basses fréquences

- ▲ Atténuation sonore « passive » d'un bruit « routier » par un écran mince ou une vitre.



Forces et faiblesses des vitrages classiques



✓ Comment traiter les bruits basses fréquences

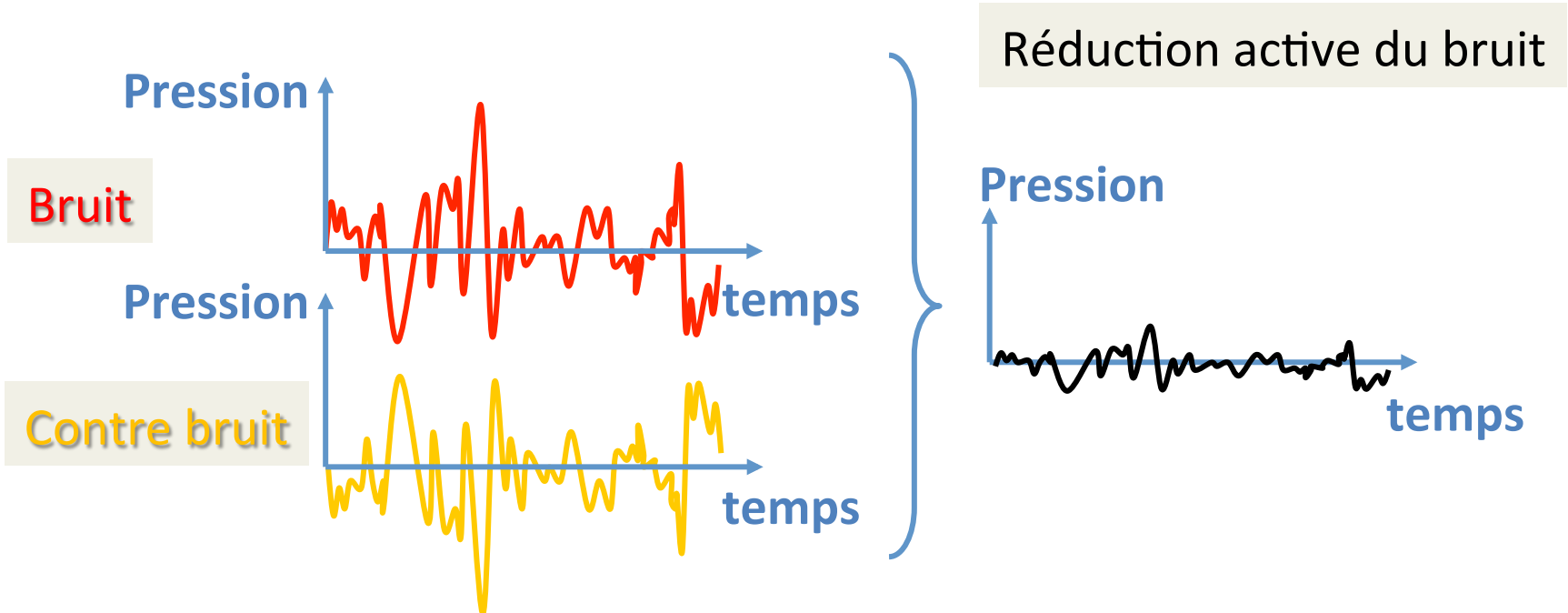
▲ Conclusion :

- En doublant l'épaisseur d'une vitre, on améliore de 4 à 6 dB l'atténuation de manière homogène sur tout le spectre de bruit (loi de « masse »).
- On a vu qu'en mettant deux parois on dégrade la réduction sonore pour les basses fréquences...
- Il n'y a pas de solution à l'aide de matériau pour combler le creux d'atténuation des parois pour améliorer le traitement des basses fréquences.

Forces et faiblesses des vitrages classiques

✓ Comment traiter les bruits basses fréquences

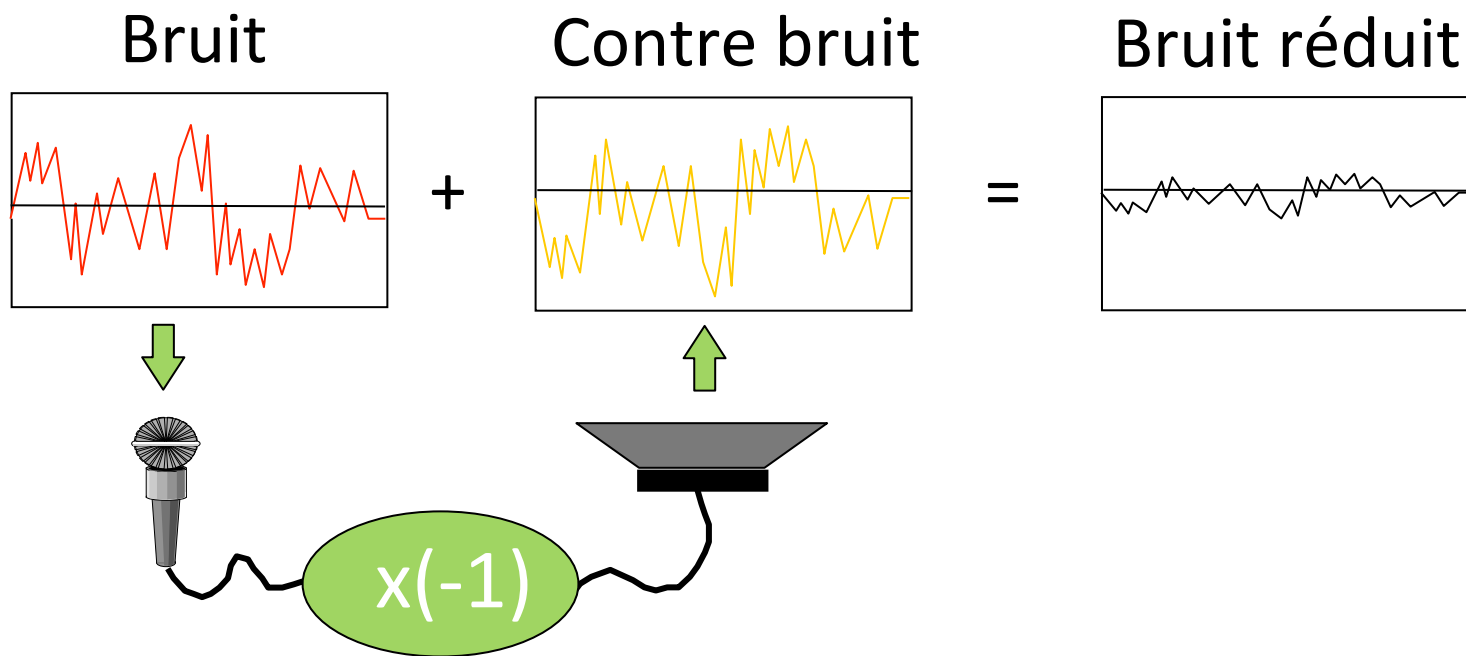
- ▲ La réduction de bruit par contrôle électronique ;
- ▲ L'idée de base consiste à **atténuer un bruit en injectant son contraire !**



Forces et faiblesses des vitrages classiques

✓ Comment traiter les bruits basses fréquences

- ▲ La réduction de bruit par contrôle électronique
- ▲ Comment créer un bruit contraire?

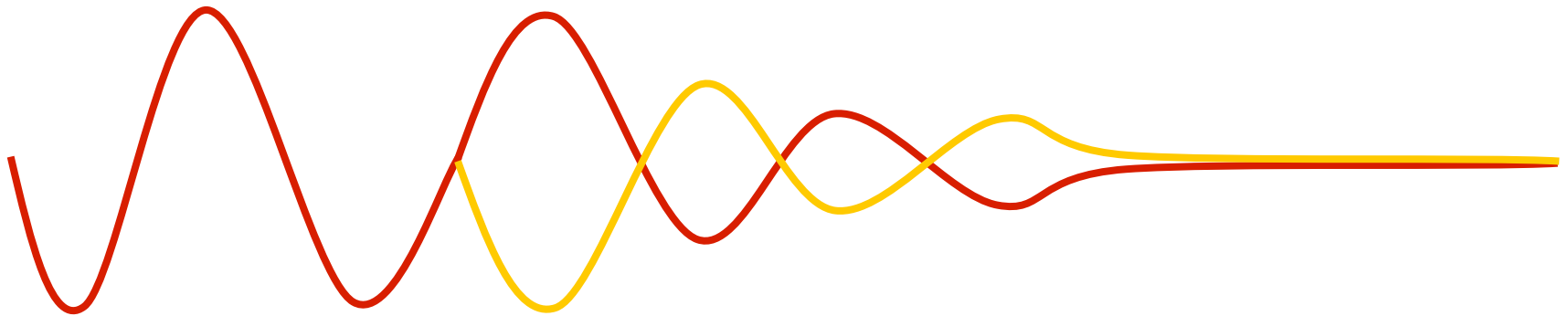


Forces et faiblesses des vitrages classiques



✓ Comment traiter les bruits basses fréquences

- ▲ La réduction de bruit par contrôle électronique : Simulation d'un contre bruit actif en temps réel.



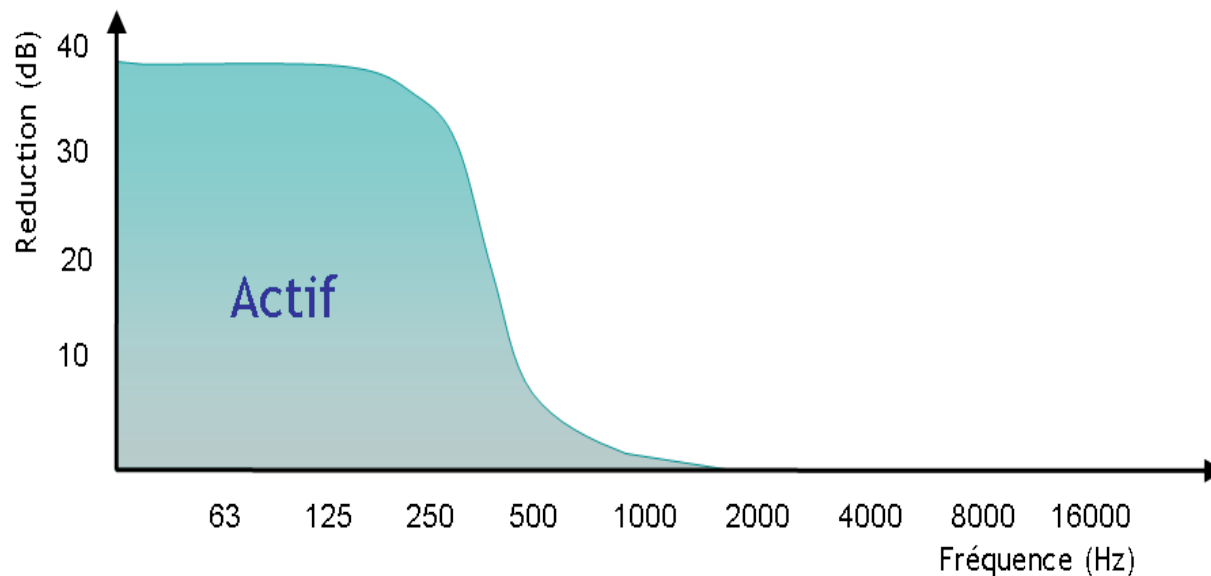
Bruit *Contre bruit* = *Bruit réduit !*

Forces et faiblesses des vitrages classiques



✓ Comment traiter les bruits basses fréquences

▲ Contrairement à l'atténuation passive des matériaux, le contrôle électronique du bruit est **surtout efficace pour les basses fréquences !**

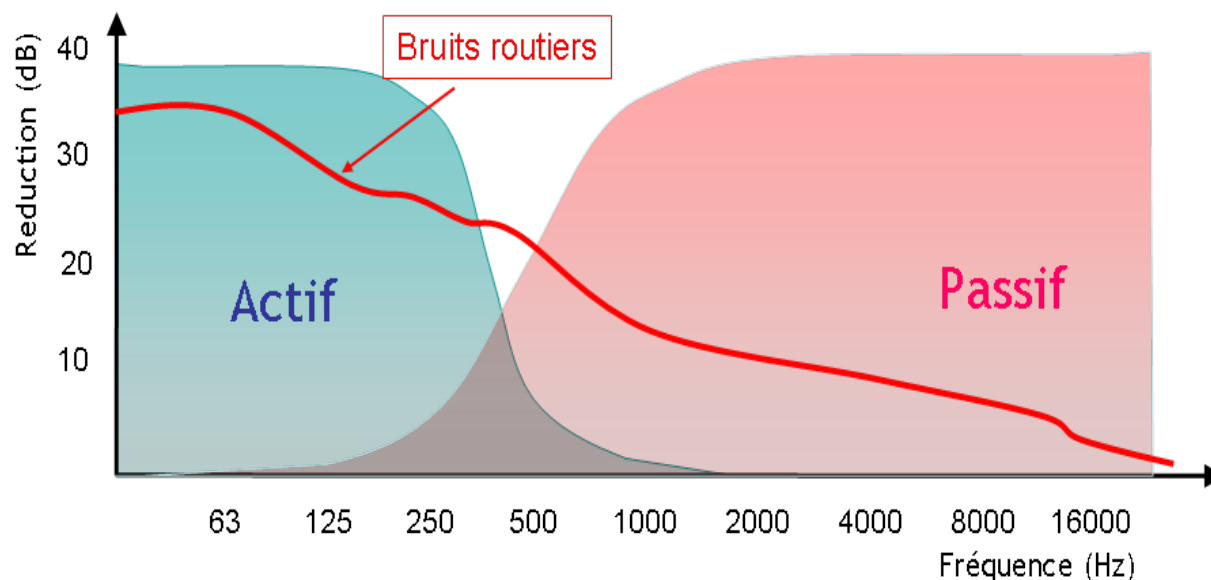


Forces et faiblesses des vitrages classiques



✓ Comment traiter les bruits basses fréquences

- ▲ La réduction de bruit par contrôle électronique ;
- ▲ Le traitement électronique (contrôle actif) du bruit **est le complément idéal** du traitement passif (matériaux) du bruit.



Forces et faiblesses des vitrages classiques



✓ Comment traiter les bruits basses fréquences

▲ Conclusion :

- La réduction de bruit par contrôle électronique est la **seule solution pour traiter efficacement les basses fréquences** des bruits « routiers » ;
- Il existe une **complémentarité harmonieuse des traitements** traditionnels contre le bruit et du traitement du bruit par contrôle électronique ;
- La réduction de bruit électronique permet :
 - **d'optimiser la quantité de matériau** utilisée pour la réduction acoustique passive ;
 - **d'alléger les structures** ;
 - de **diminuer le volume** des solutions acoustiques traditionnelles.

Sommaire



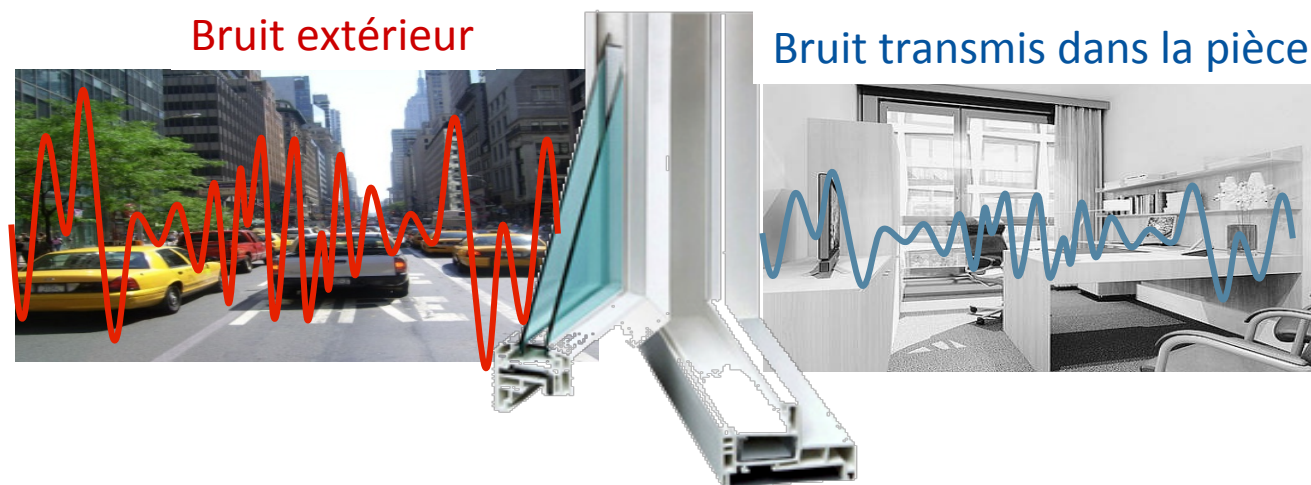
- ✓ Qui est TechnoFirst?
- ✓ Nature et caractérisation des bruits urbains
- ✓ Forces et faiblesses des vitrages classiques
- ✓ Comment traiter les bruits basses fréquences?
- ✓ Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages
- ✓ Les concepts et solutions innovantes proposées par TechnoFirst

Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages



✓ Le double vitrage actif (financé par l'ADEME en 2011)

▲ Un double vitrage est d'abord utilisé pour ses performances thermiques.



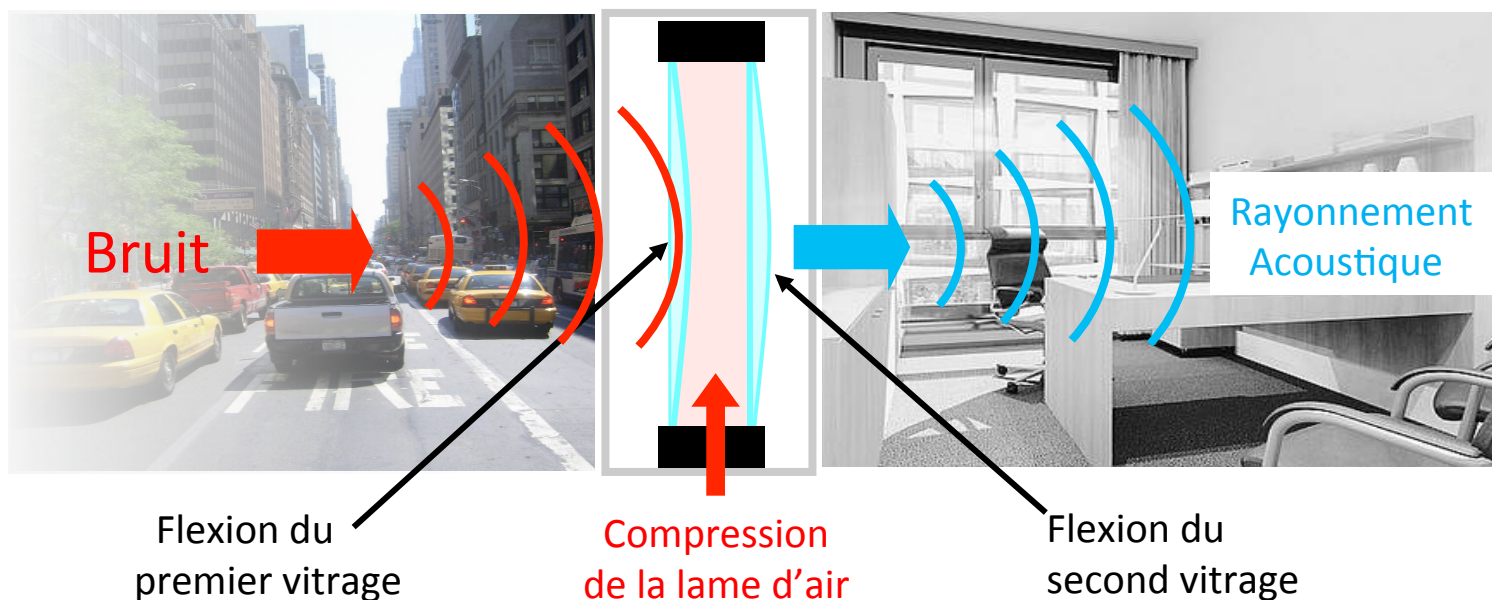
▲ Comment faire pour améliorer la perte acoustique des doubles vitrages tout en conservant l'effet thermique?

Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages



✓ Le double vitrage actif (financé par l'ADEME en 2011)

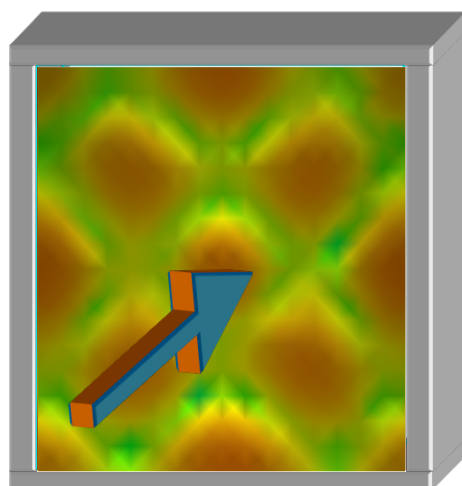
▲ Le bruit est une succession de compressions et dépressions de l'air qui excitent la vitre extérieure et qui vibre comme une peau de tambour.



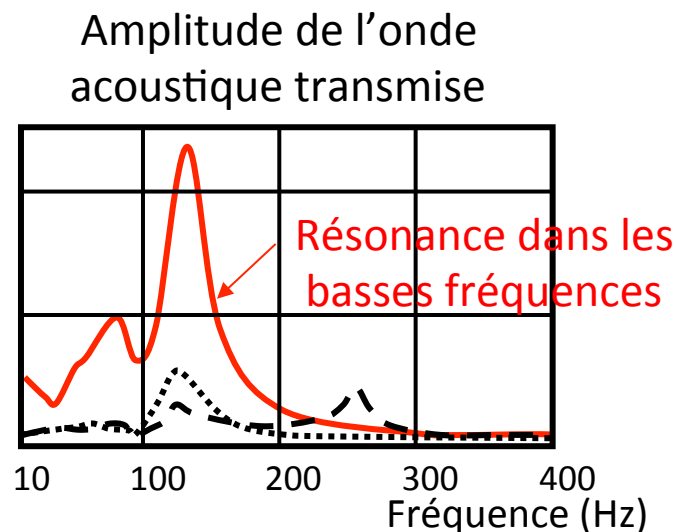
Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages

✓ Le double vitrage actif (financé par l'ADEME en 2011)

▲ Les résonances acoustiques entre les deux vitrages de la cavité sont données par l'excitation des modes de cavité :



Onde sonore incidente

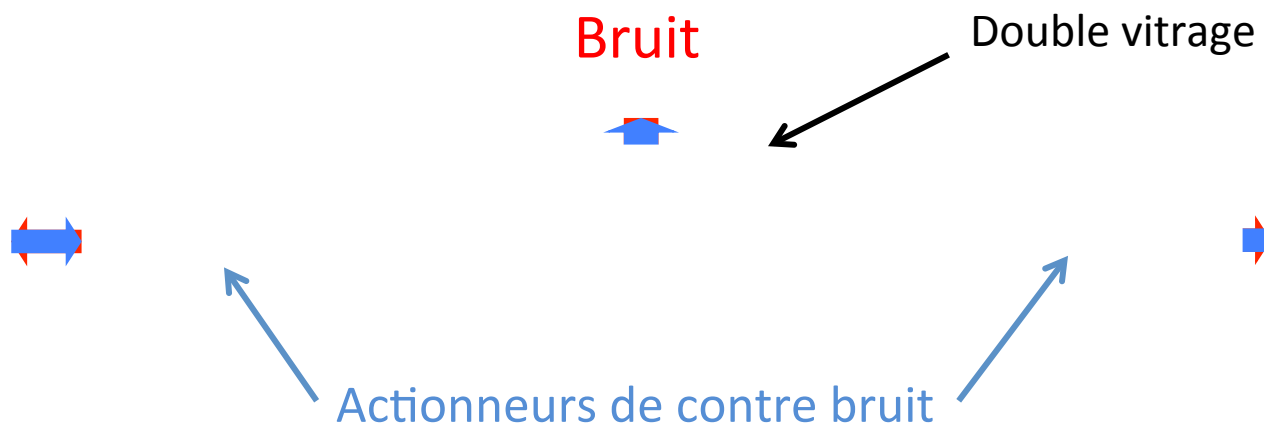


Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages



✓ Le double vitrage actif (financé par l'ADEME en 2011)

▲ Le principe du double vitrage actif consiste à **compenser en temps réel** les fluctuations de pressions dynamiques dans la cavité pour **garder un volume constant**.

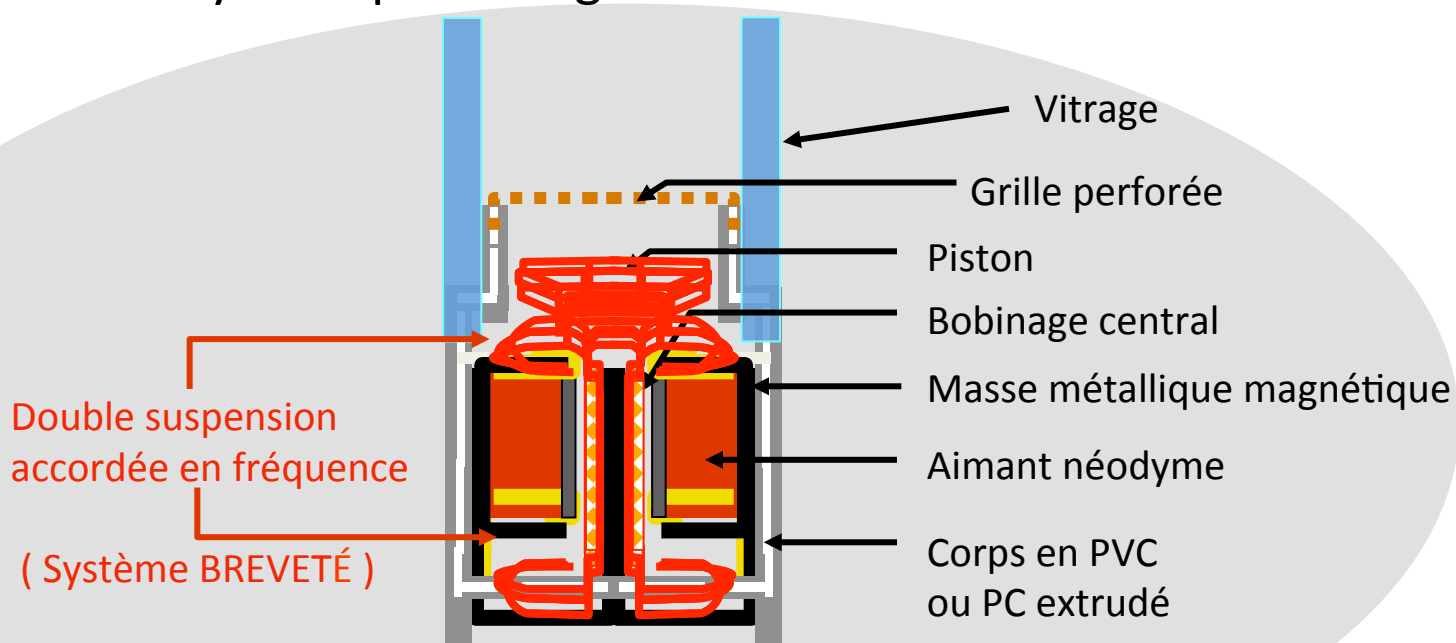


Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages



✓ Le double vitrage actif (financé par l'ADEME en 2011)

▲ L'action de contre bruit : un haut-parleur électrodynamique allongé !

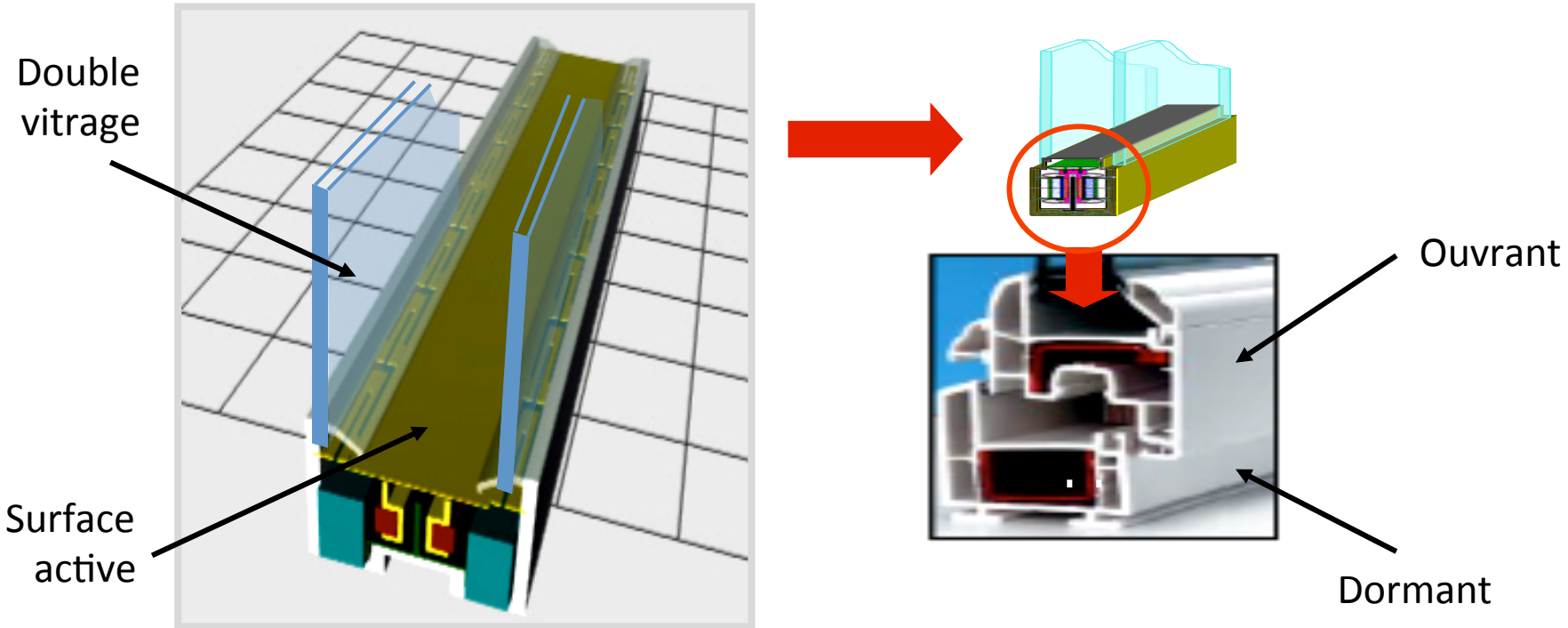


Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages



✓ **Le double vitrage actif (financé par l'ADEME en 2011)**

▲ L'implantation du haut-parleur allongé dans un châssis ouvrant.

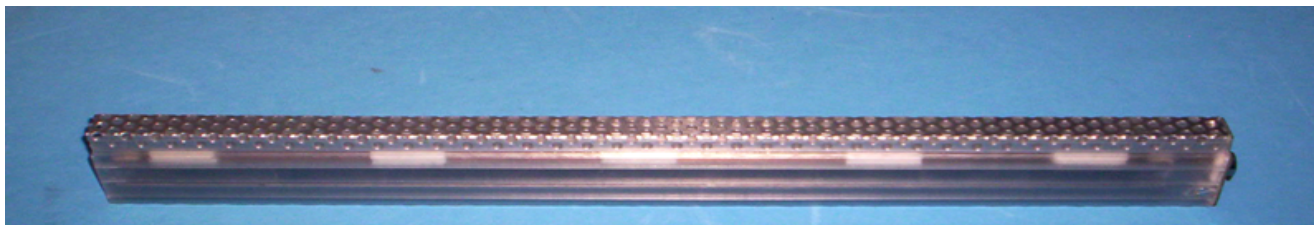
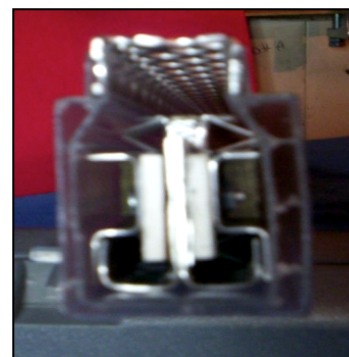


Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages



✓ Le double vitrage actif (financé par l'ADEME en 2011)

▲ Photographies d'un haut-parleur allongé pour double vitrage actif.



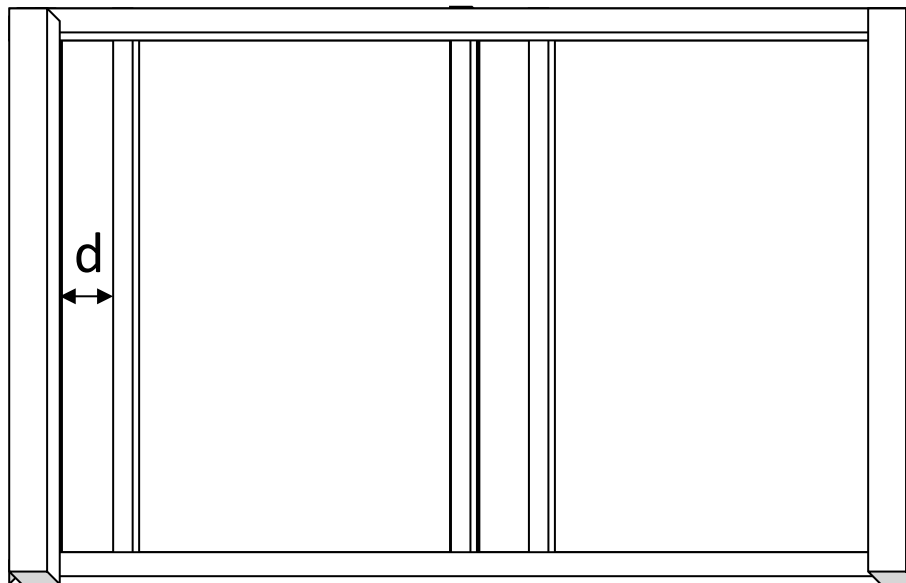
Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages



✓ **Contrôle du bruit passant par une fenêtre ouverte (financé par l'ADEME en 2011)**

▲ La fenêtre à glissière.

d est la distance d'ouverture du battant pour laisser passer l'air frais.

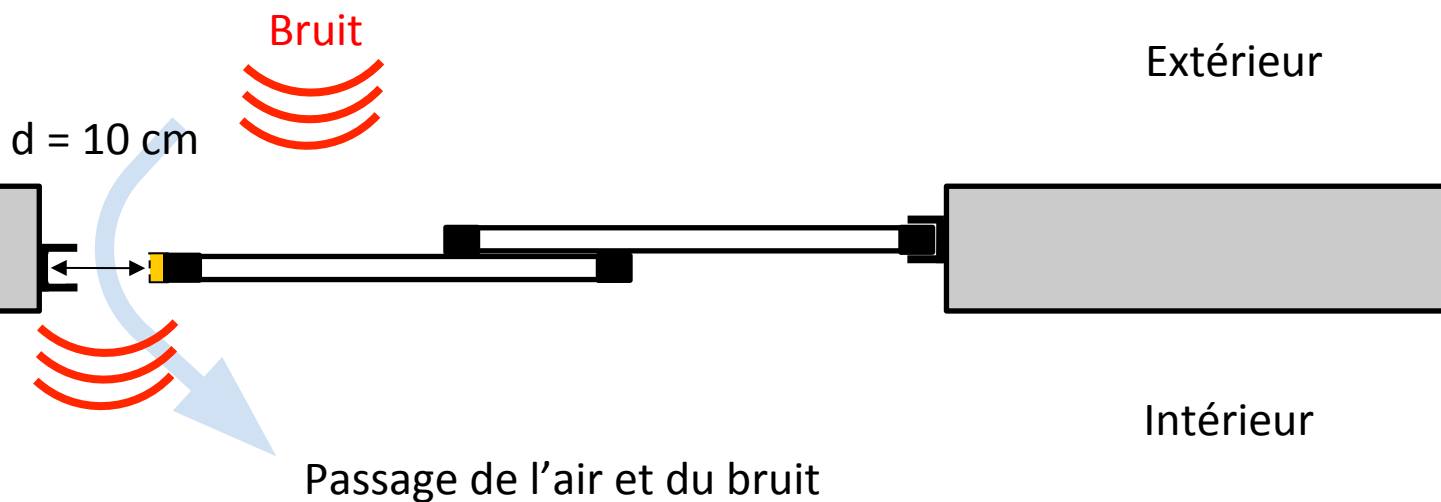


Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages



✓ Contrôle du bruit passant par une fenêtre ouverte (financé par l'ADEME en 2011)

▲ La fenêtre à glissière.



Extérieur

Intérieur

$d = 10 \text{ cm}$

Bruit

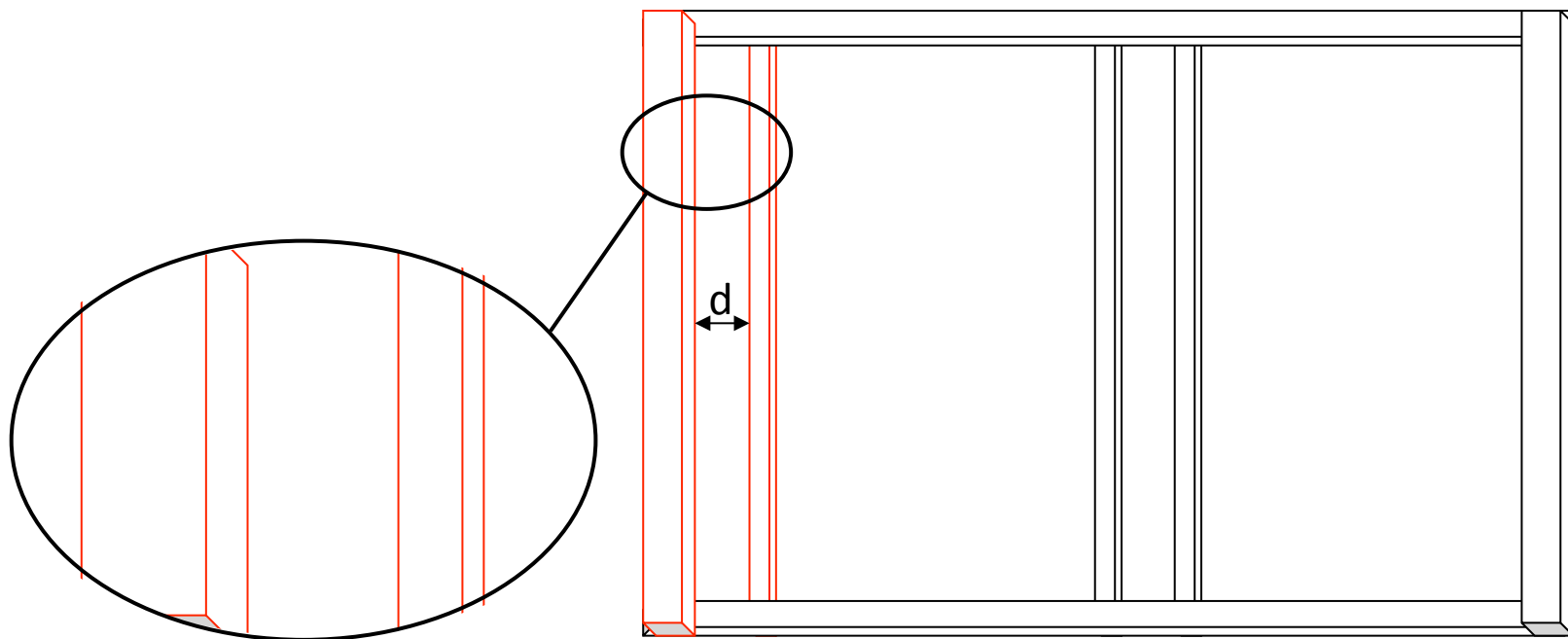
Passage de l'air et du bruit

Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages



✓ **Contrôle du bruit passant par une fenêtre ouverte (financé par l'ADEME en 2011)**

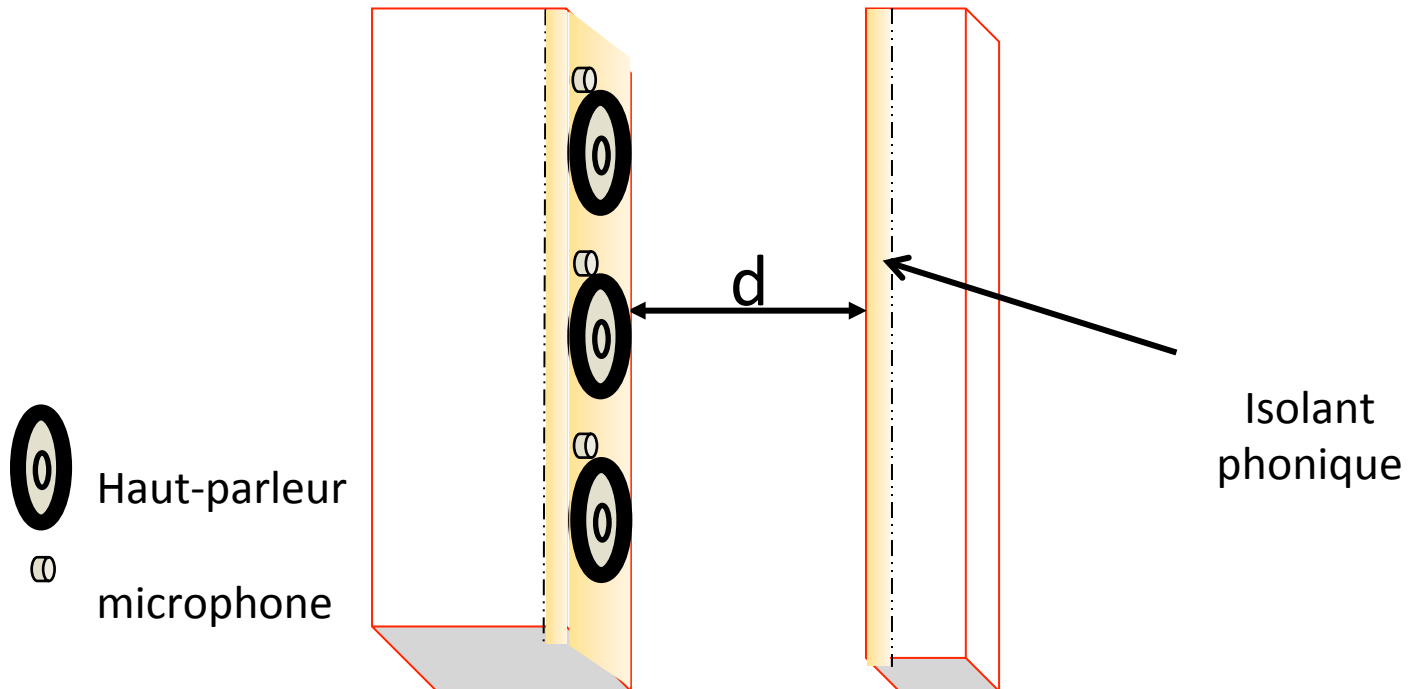
▲ La fenêtre à glissière.



Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages

✓ **Contrôle du bruit passant par une fenêtre ouverte (financé par l'ADEME en 2011)**

▲ La fenêtre à glissière.

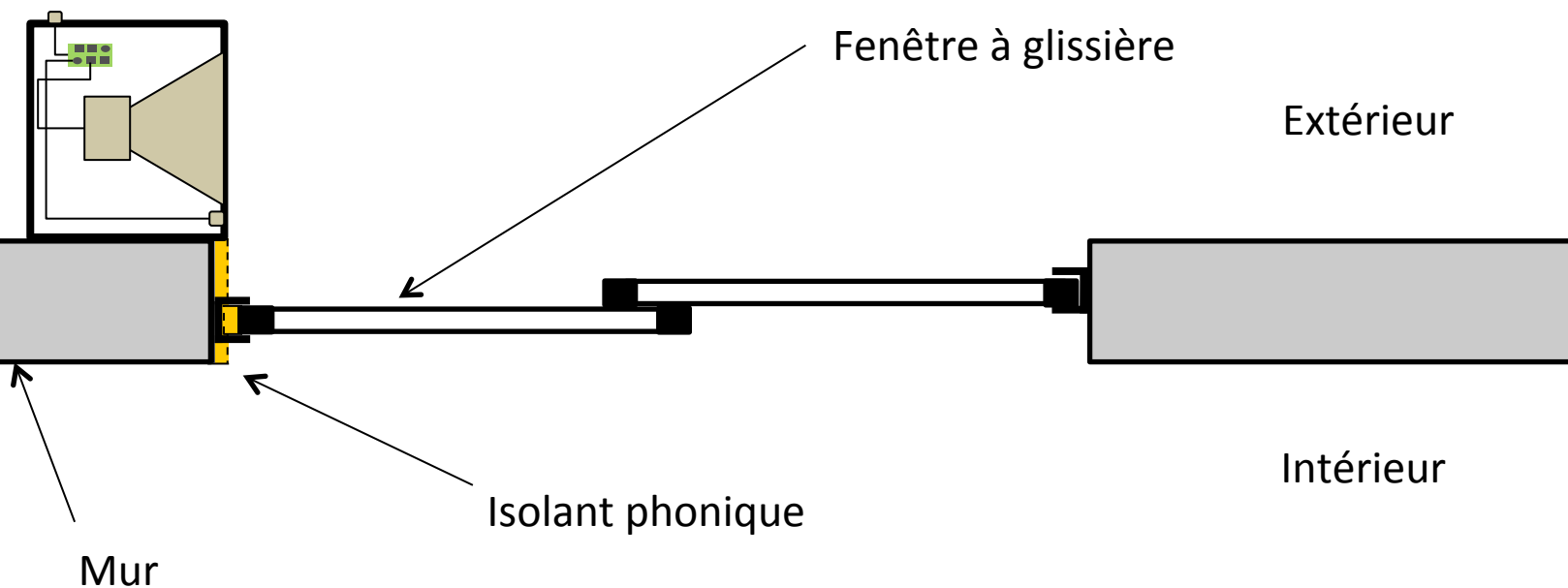


Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages



✓ Contrôle du bruit passant par une fenêtre ouverte (financé par l'ADEME en 2011)

▲ La fenêtre à glissière.

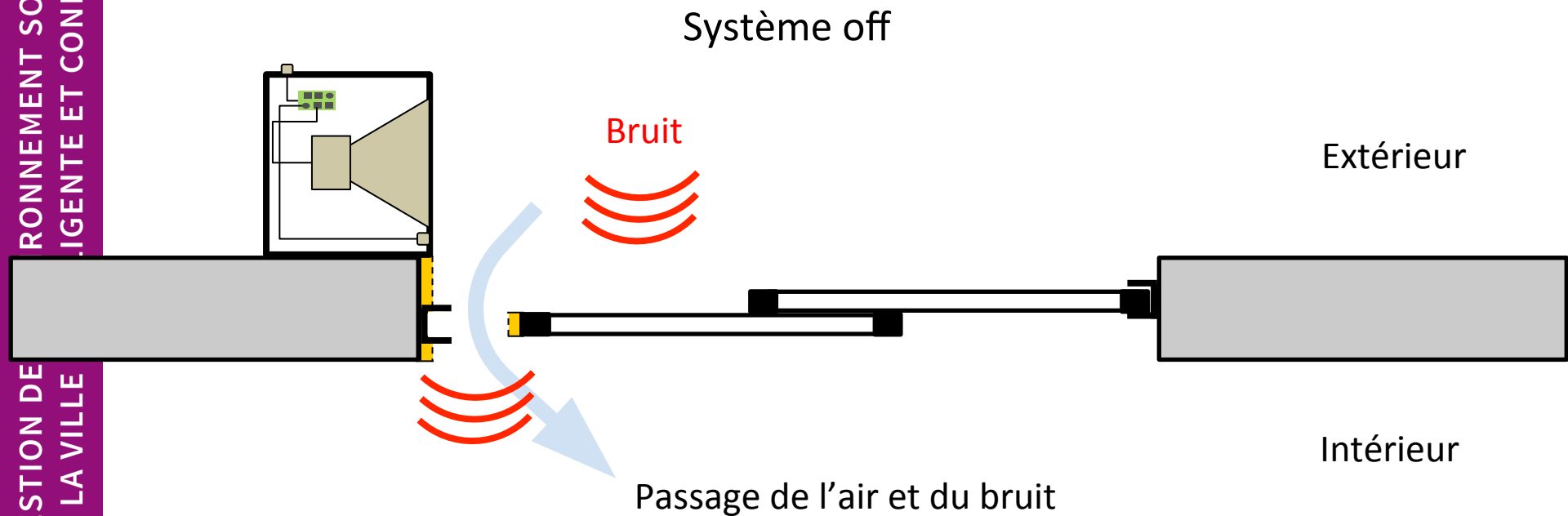


Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages



✓ Contrôle du bruit passant par une fenêtre ouverte (financé par l'ADEME en 2011)

▲ La fenêtre à glissière.



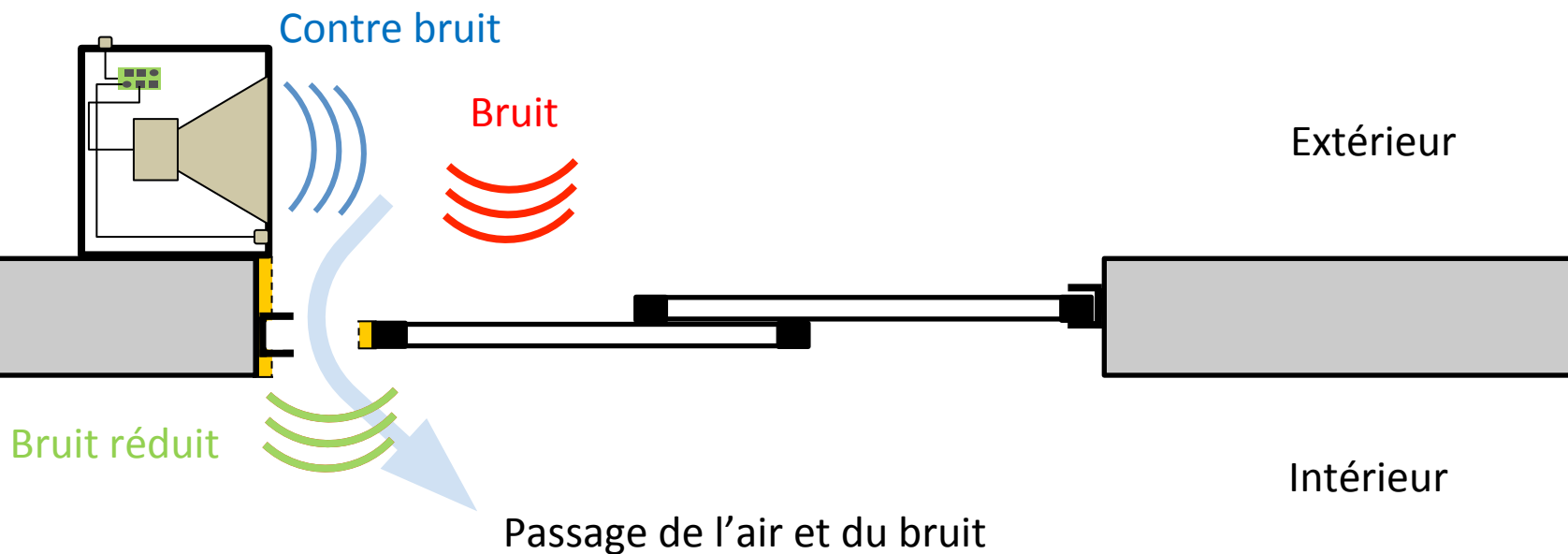
Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages



✓ Contrôle du bruit passant par une fenêtre ouverte (financé par l'ADEME en 2011)

▲ La fenêtre à glissière.

Système on



Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages



✓ **Contrôle du bruit passant par une fenêtre ouverte (financé par l'ADEME en 2011)**

▲ **La rupture technologique : le mini haut-parleur de Fraunhofer Institut.**



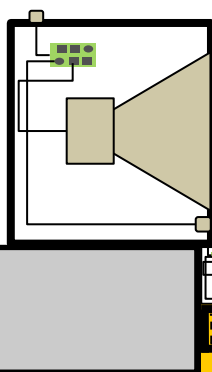
- Mini haut-parleur inventé par Fraunhofer Institut ;
- 10 fois plus petit qu'un haut-parleur utilisé en contrôle actif de bruit ;
- Même bande passante qu'un haut-parleur de 16 cm de diamètre;
- Consommation électrique minimale.

Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages



✓ **Contrôle du bruit passant par une fenêtre ouverte (financé par l'ADEME en 2011)**

▲ **La rupture technologique : le mini haut-parleur de Fraunhofer Institut.**



Extérieur

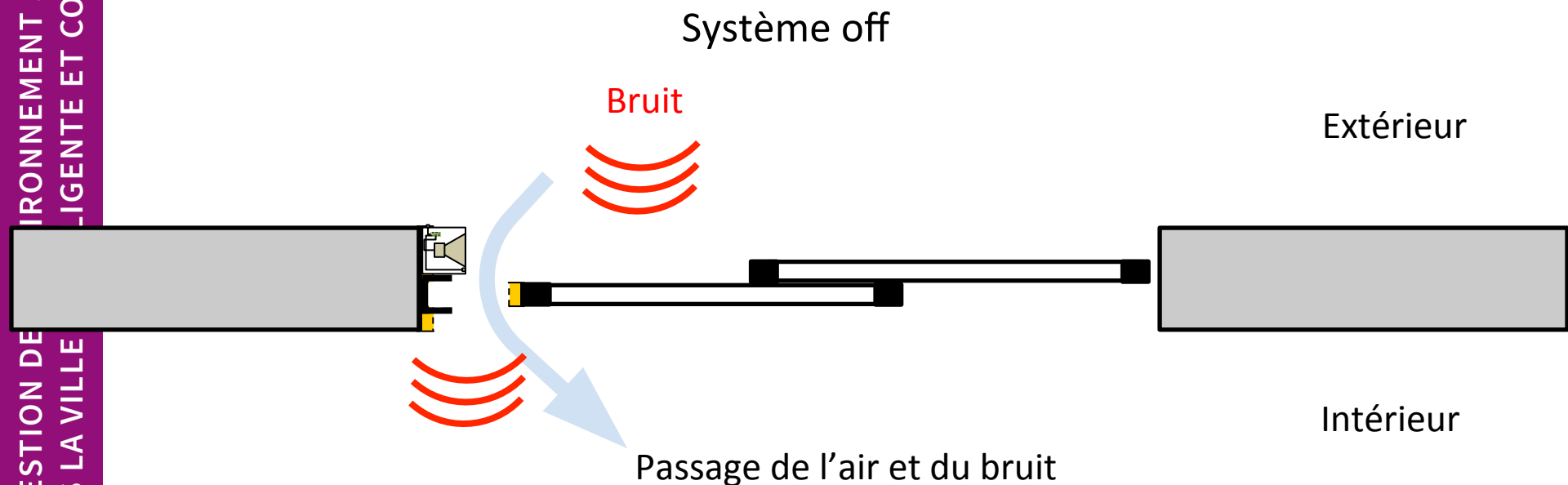
Intérieur

Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages



✓ **Contrôle du bruit passant par une fenêtre ouverte (financé par l'ADEME en 2011)**

▲ **La rupture technologique : le mini haut-parleur de Fraunhofer Institut.**



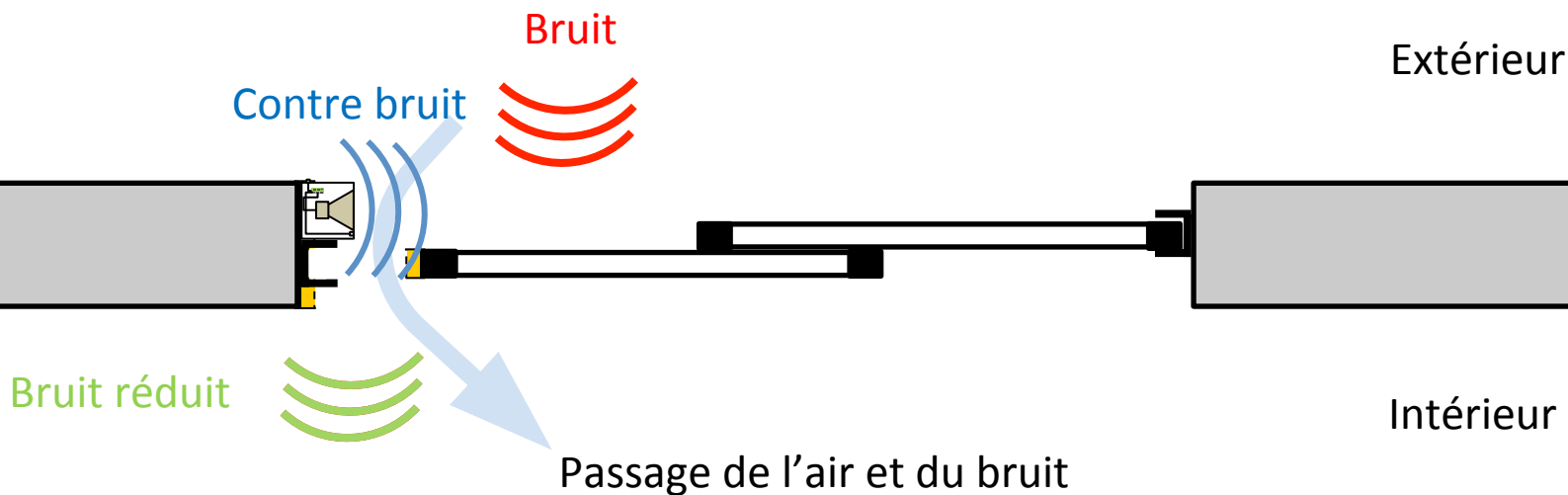
Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages



✓ **Contrôle du bruit passant par une fenêtre ouverte (financé par l'ADEME en 2011)**

▲ **La rupture technologique : le mini haut-parleur de Fraunhofer Institut.**

Système on



Extérieur

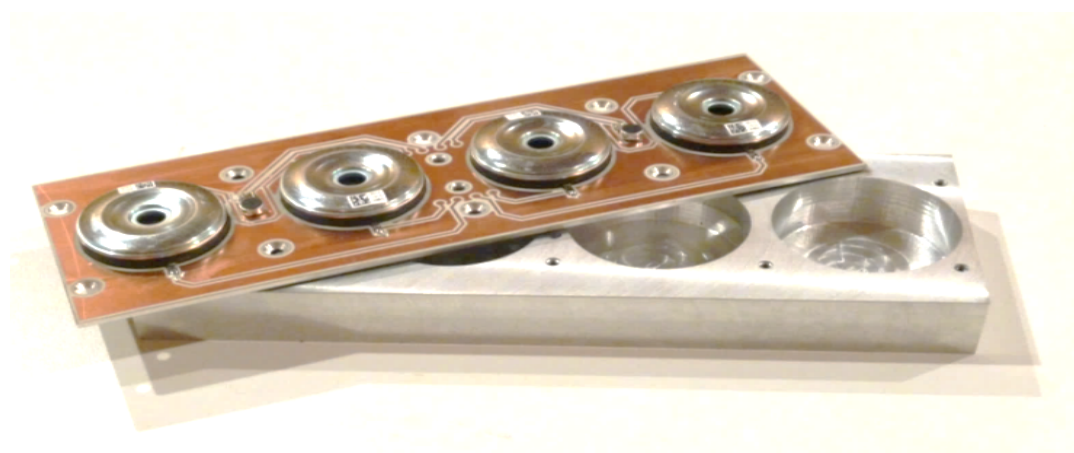
Intérieur

Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages



✓ **Contrôle du bruit passant par une fenêtre ouverte (financé par l'ADEME en 2011)**

- ▲ **La rupture technologique** : le mini haut-parleur de Fraunhofer Institut.
- ▲ Exemple de rangée de mini haut-parleurs pour un dormant de fenêtre.

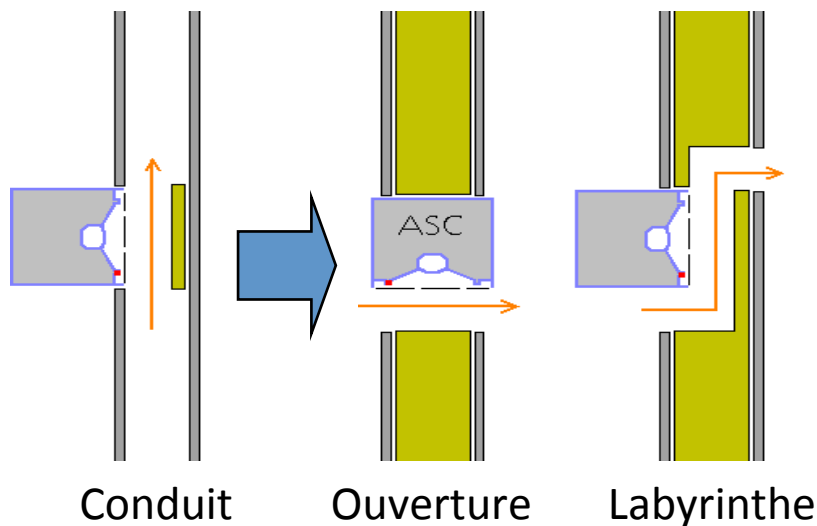


Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages



✓ **Contrôle électronique du bruit d'une fenêtre ouverte avec filtre à air.**

- ▲ **La fenêtre à labyrinthe.**
- ▲ L'idée consiste pour contrôler le bruit entrant de traiter les ouvertures avec du contrôle électronique du bruit.

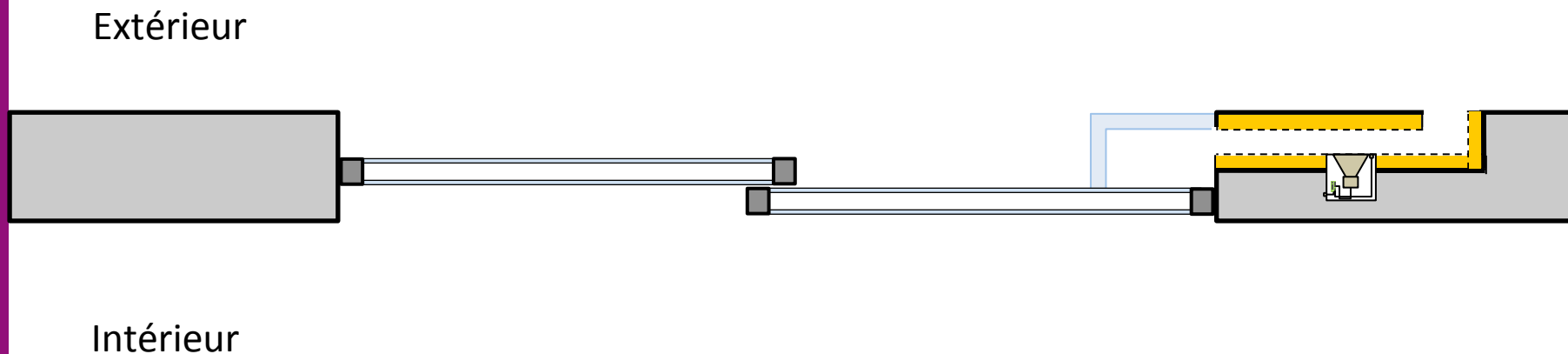


Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages



✓ **Contrôle électronique du bruit d'une fenêtre ouverte avec filtre à air.**

▲ **La fenêtre à labyrinthe.** Solution le labyrinthe acoustique actif.

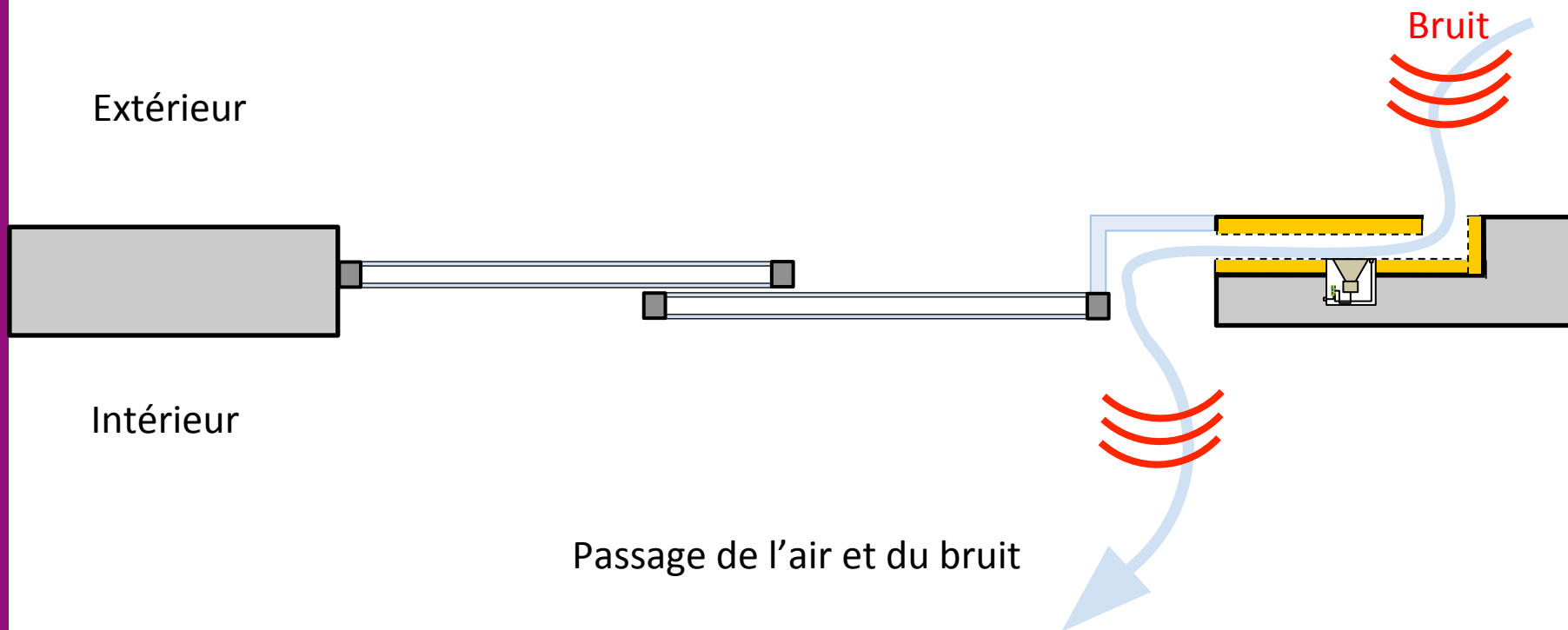


Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages



✓ **Contrôle électronique du bruit d'une fenêtre ouverte avec filtre à air.**

▲ **La fenêtre à labyrinthe.** Solution le labyrinthe acoustique actif.



Extérieur

Intérieur

Passage de l'air et du bruit

Bruit

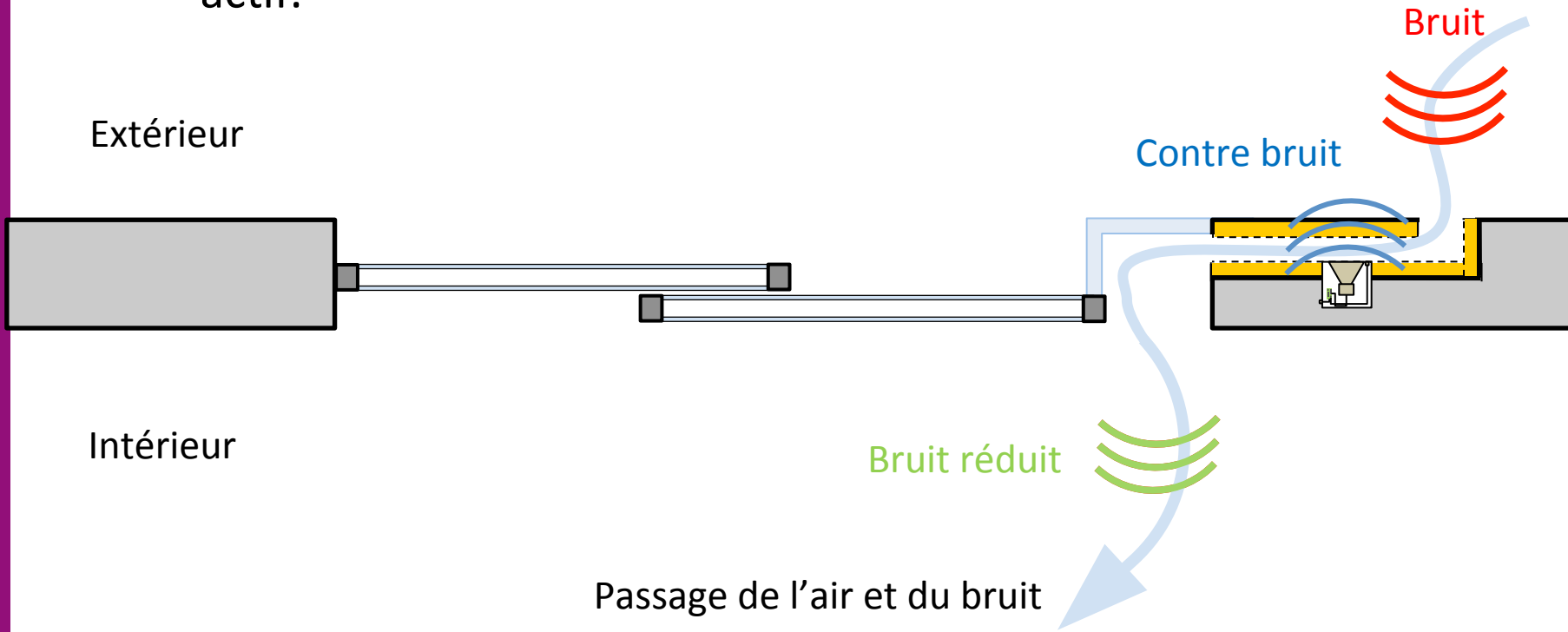


Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages



✓ **Contrôle électronique du bruit d'une fenêtre ouverte avec filtre à air.**

▲ **La fenêtre à labyrinthe.** Solution le labyrinthe acoustique actif.



Sommaire



- ✓ Qui est TechnoFirst?
- ✓ Nature et caractérisation des bruits urbains
- ✓ Forces et faiblesses des vitrages classiques
- ✓ Comment traiter les bruits basses fréquences?
- ✓ Application du contrôle électronique du bruit aux vitrages
- ✓ Les concepts et solutions innovantes proposées par TechnoFirst

Concepts et solutions innovantes



✓ Le

trage

TechnoFirst[®]
LEADER MONDIAL DE LA TECHNOLOGIE ANTIBRUIT

LES OUVRANTS **ACTIFS**

La Performance Acoustique
Le premier double vitrage qui allie haute performance phonique et thermique.

WA!
(LE DOUBLE VITRAGE ACTIF)

Concepts et solutions innovantes



WA!
(ACTIVE DOUBLE GLAZING)



Corrective acoustic system
for thermal double glazed windows

*Système de correction acoustique
pour double vitrage thermique*

Concepts et solutions innovantes



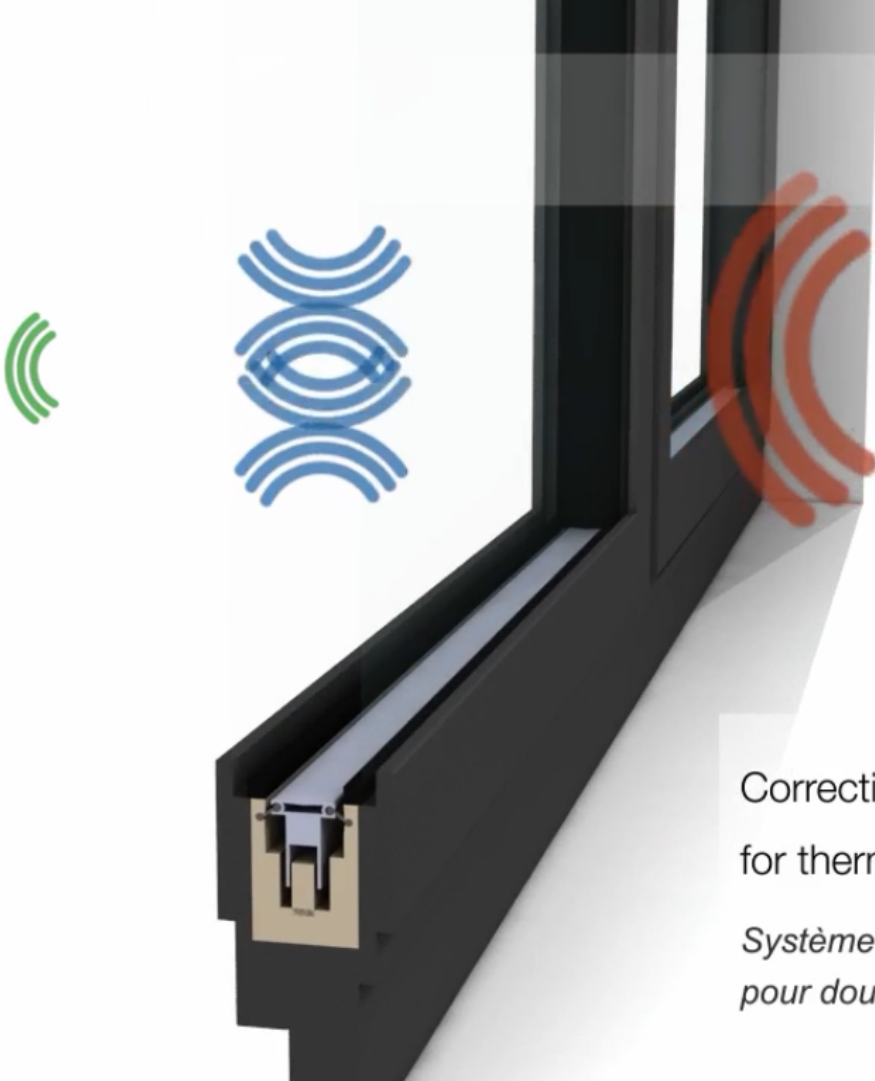
Up to -35 dB
noise reduction



WA!
(ACTIVE DOUBLE GLAZING)

Corrective acoustic system
for thermal double glazed windows
*Système de correction acoustique
pour double vitrage thermique*

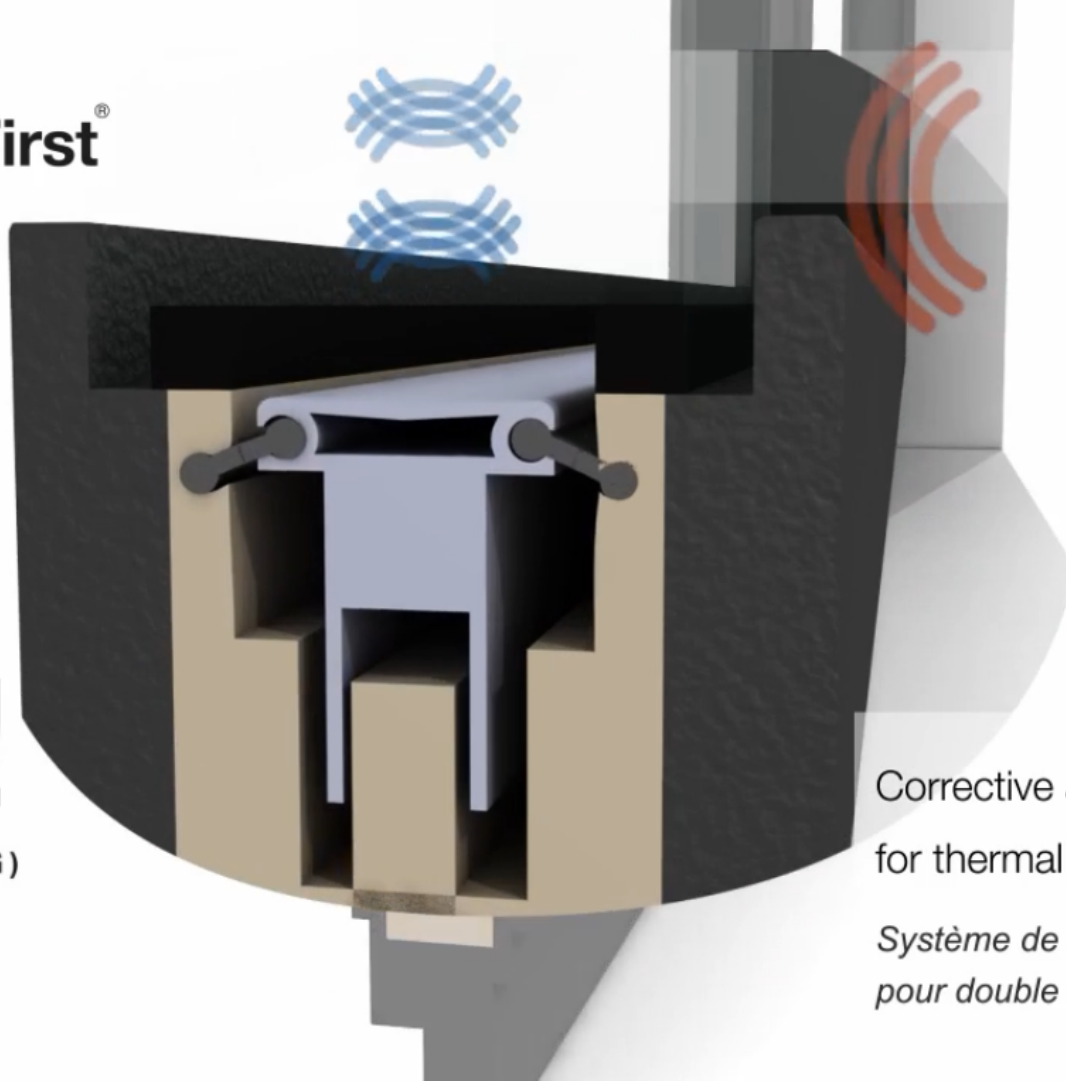
Concepts et solutions innovantes



WA!
(ACTIVE DOUBLE GLAZING)

Corrective acoustic system
for thermal double glazed windows
*Système de correction acoustique
pour double vitrage thermique*

Concepts et solutions innovantes



WA!
(ACTIVE DOUBLE GLAZING)

Corrective acoustic system
for thermal double glazed windows

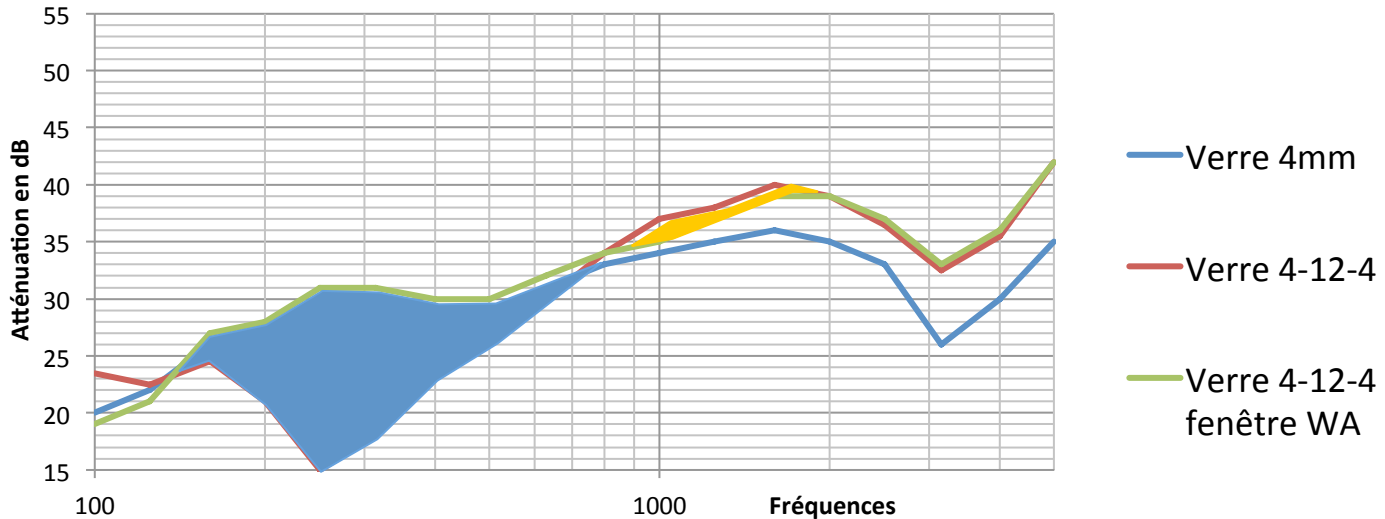
*Système de correction acoustique
pour double vitrage thermique*

Concepts et solutions innovantes proposées par TechnoFirst



✓ **Le contrôle électronique du bruit pour un double vitrage**

▲ **La fenêtre WA ! Résultats mesurés expérimentalement.**





MÉTROPOLE
NICE CÔTE D'AZUR

LA GESTION DE L'ENVIRONNEMENT SONORE
DANS LA VILLE INTELLIGENTE ET CONNECTÉE

Concepts et solutions innovantes



TechnoFirst[®]
LEADER MONDIAL DE LA TECHNOLOGIE ANTIBRUIT

LES OUVRANTS **ACTIFS**

FA!
(LA FENÊTRE ACTIVE)

Respirez Sans Bruit...
La première fenêtre ouverte qui vous protège des nuisances sonores.

✓ Le

ouverte

Concepts et solutions innovantes



FA!

(THE ACTIVE WINDOW)



Sliding window combining
electronic and passive treatments

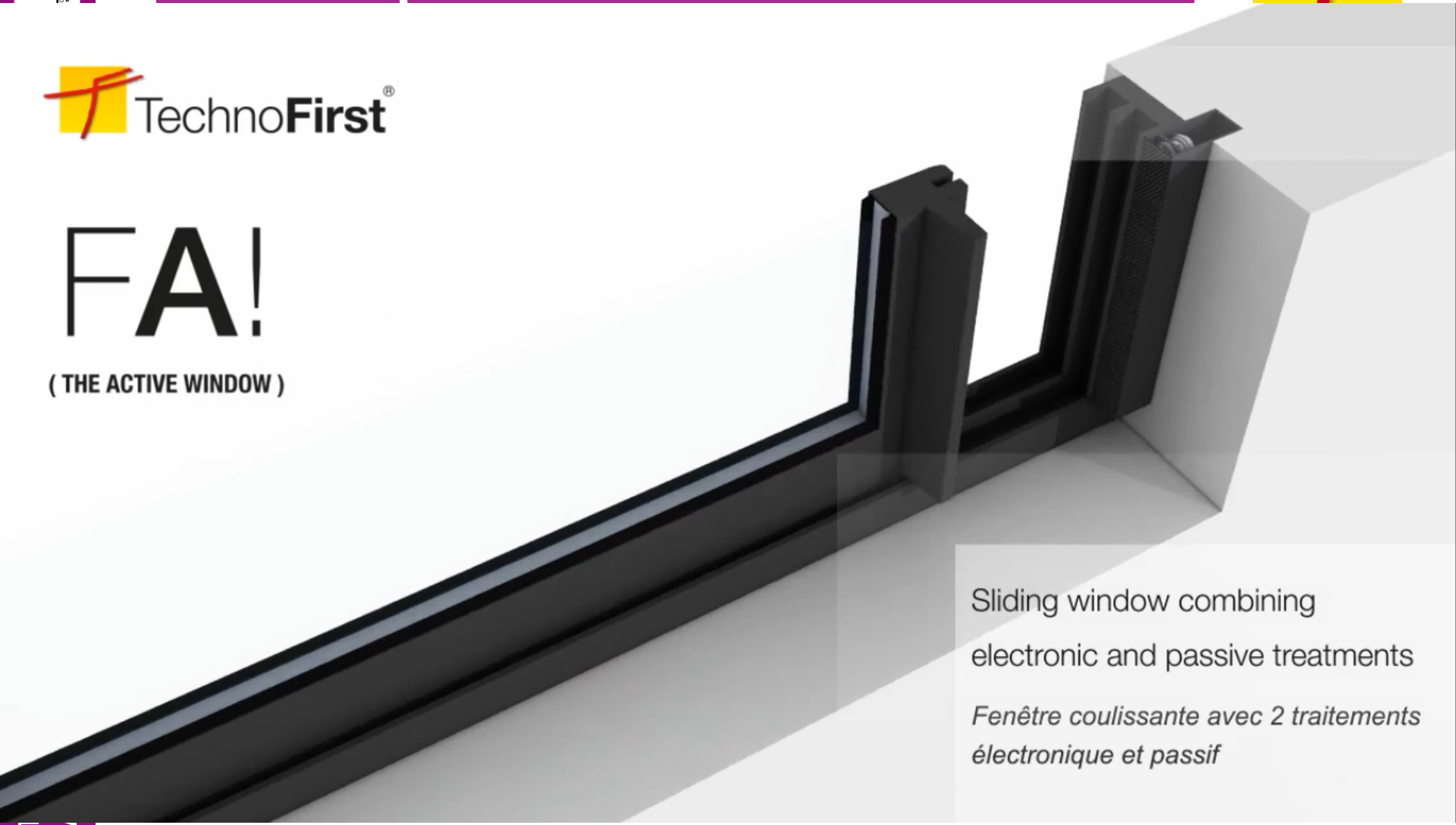
*Fenêtre coulissante avec 2 traitements
électronique et passif*

Concepts et solutions innovantes



FA!

(THE ACTIVE WINDOW)



Sliding window combining
electronic and passive treatments

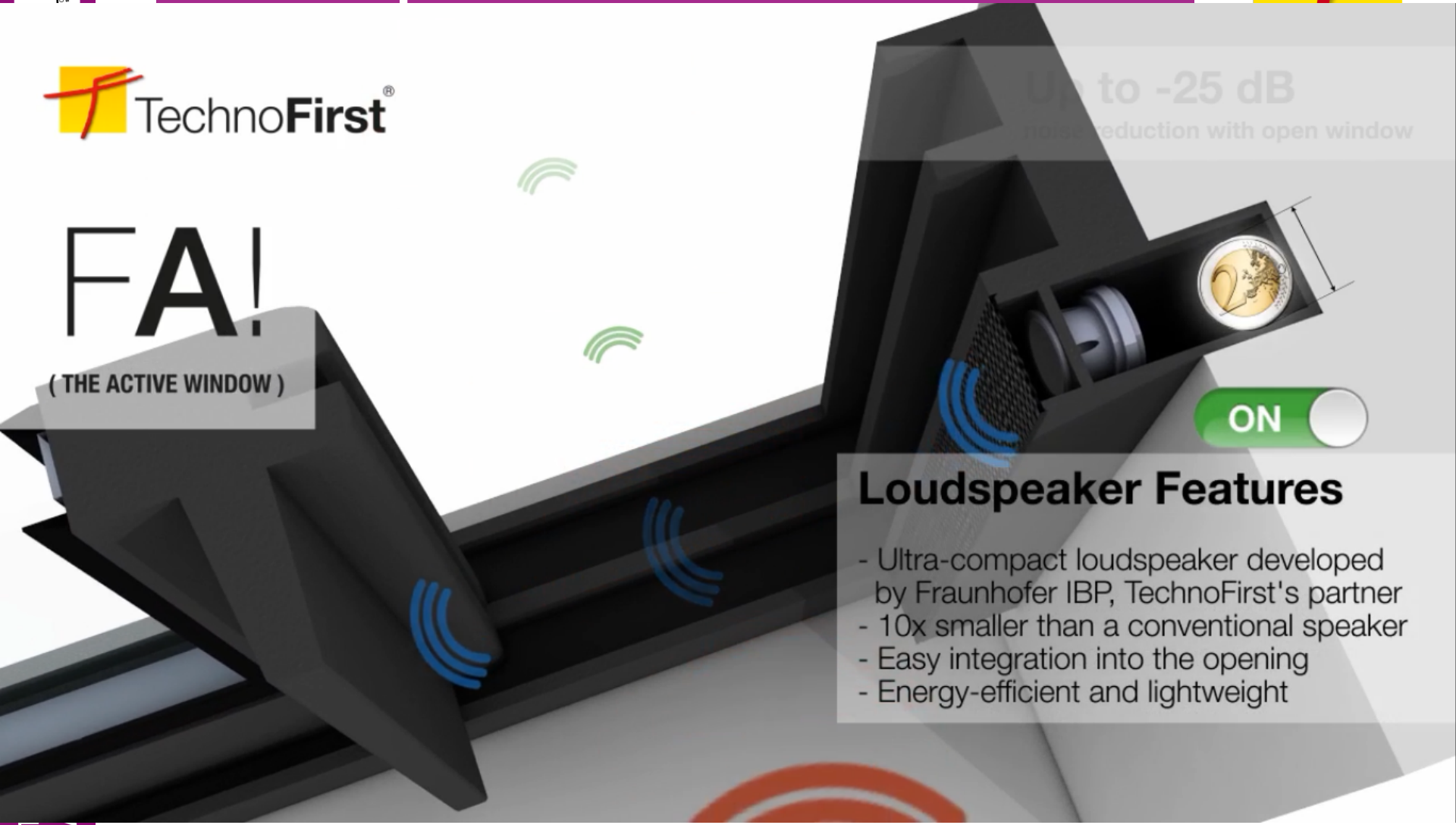
*Fenêtre coulissante avec 2 traitements
électronique et passif*

Concepts et solutions innovantes



FA!

(THE ACTIVE WINDOW)



Up to -25 dB
noise reduction with open window



Loudspeaker Features

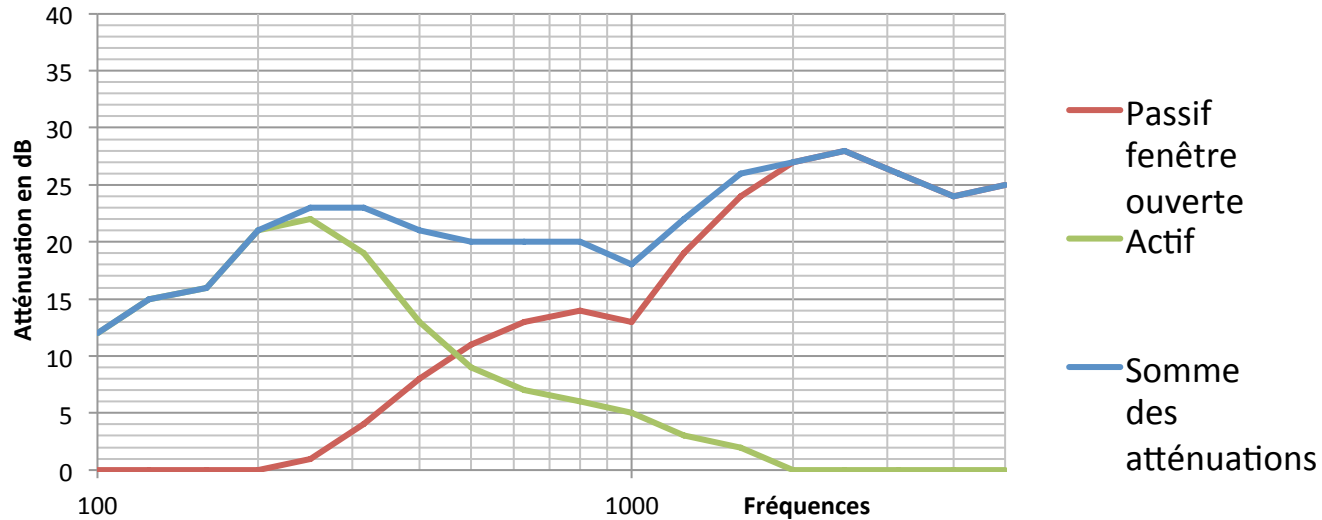
- Ultra-compact loudspeaker developed by Fraunhofer IBP, TechnoFirst's partner
- 10x smaller than a conventional speaker
- Easy integration into the opening
- Energy-efficient and lightweight

Concepts et solutions innovantes proposées par TechnoFirst



✓ Le contrôle électronique du bruit pour une fenêtre ouverte

▲ La fenêtre FA !



Concepts et solutions innovantes



✓ Le
anti-

TechnoFirst[®]
LEADER MONDIAL DE LA TECHNOLOGIE ANTIBRUIT

LES OUVRANTS **ACTIFS**

...Et Sans Pollution

Aérez et purifiez l'air que vous respirez sans bruit.

LA!
(LE LABYRINTHE ACTIF)

ouverte



LA!

(THE ACTIVE LABYRINTH)

Sliding window with electronic processing and anti-pollution filter

Fenêtre coulissante avec traitement électronique et filtrage anti-pollution



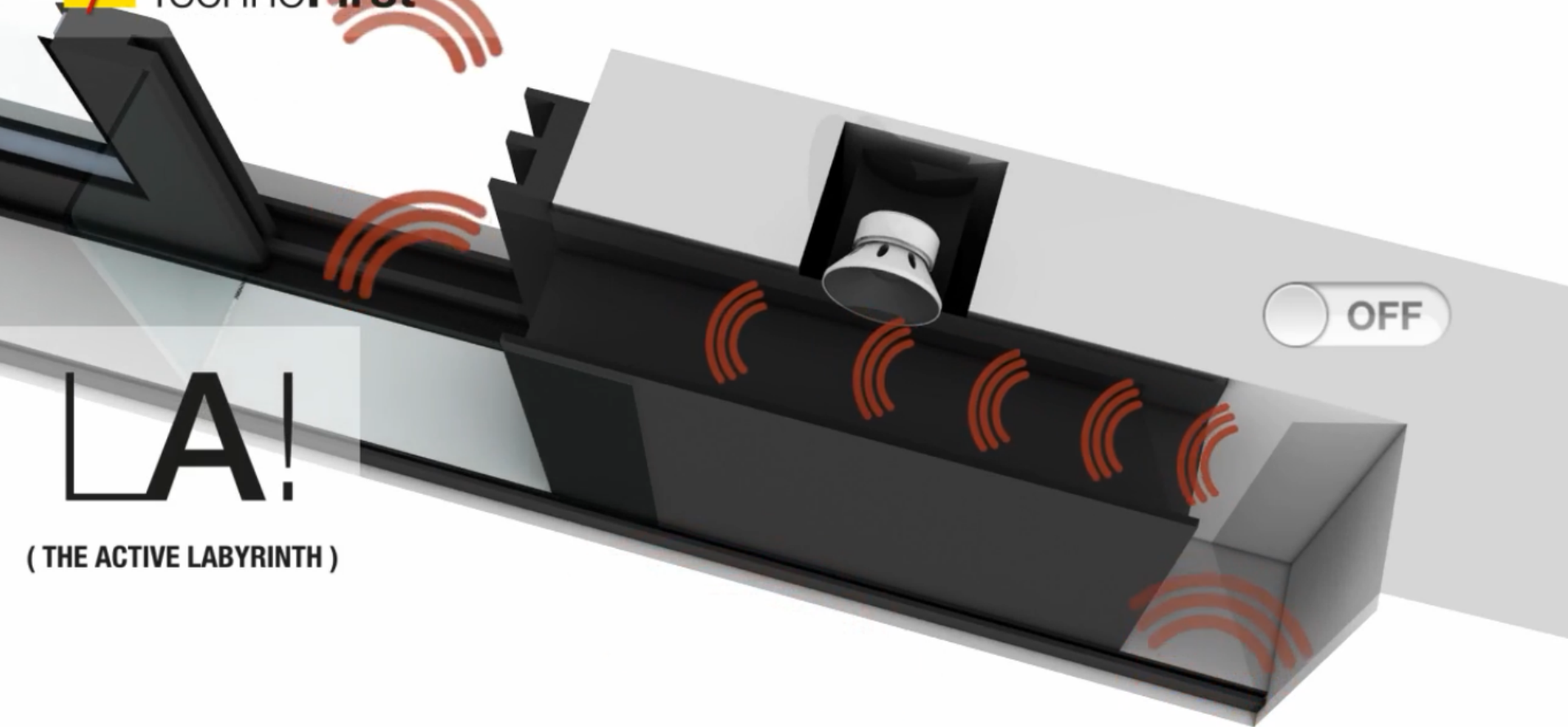
LA!

(THE ACTIVE LABYRINTH)

Sliding window with electronic processing and anti-pollution filter

Fenêtre coulissante avec traitement électronique et filtrage anti-pollution

Concepts et solutions innovantes



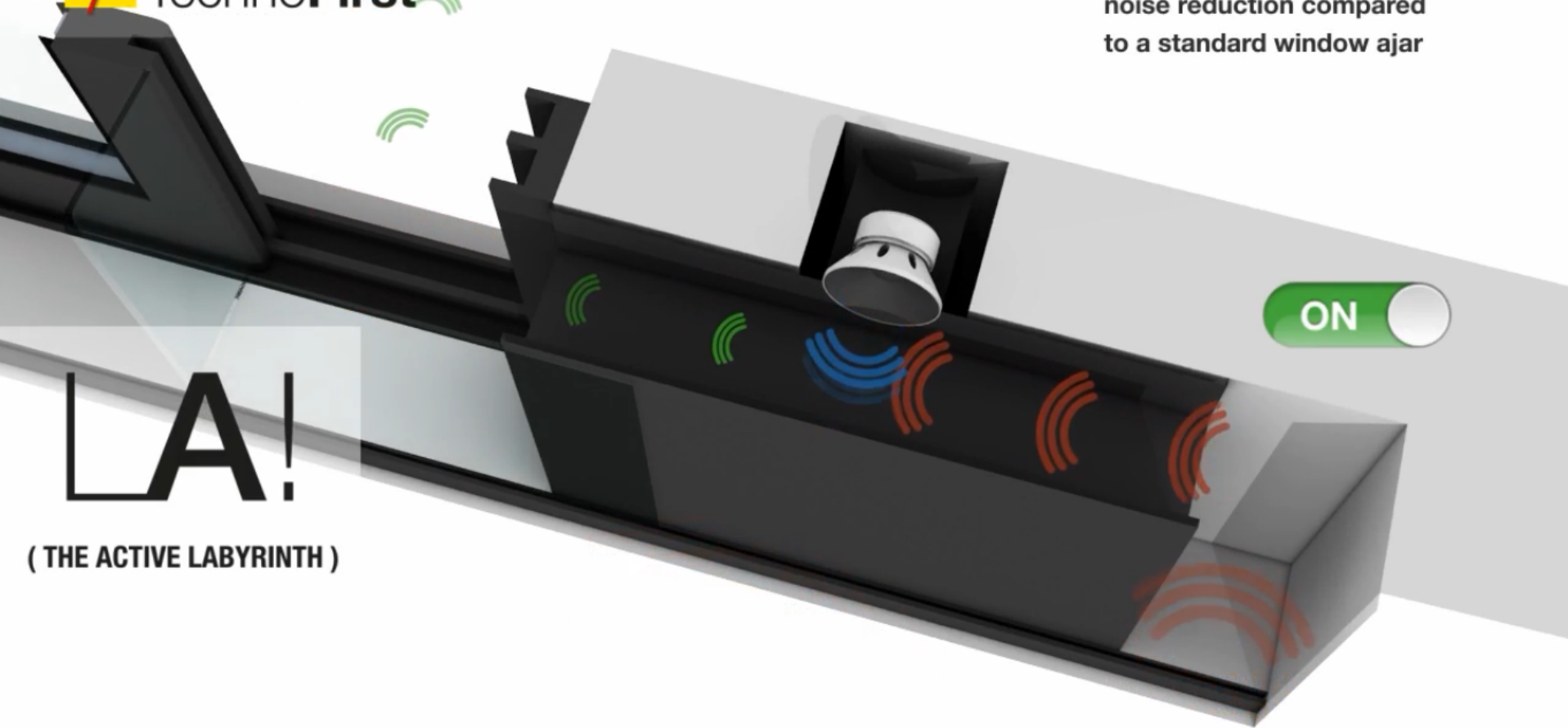
LA!

(THE ACTIVE LABYRINTH)

Concepts et solutions innovantes



Up to -30 dB
noise reduction compared
to a standard window ajar



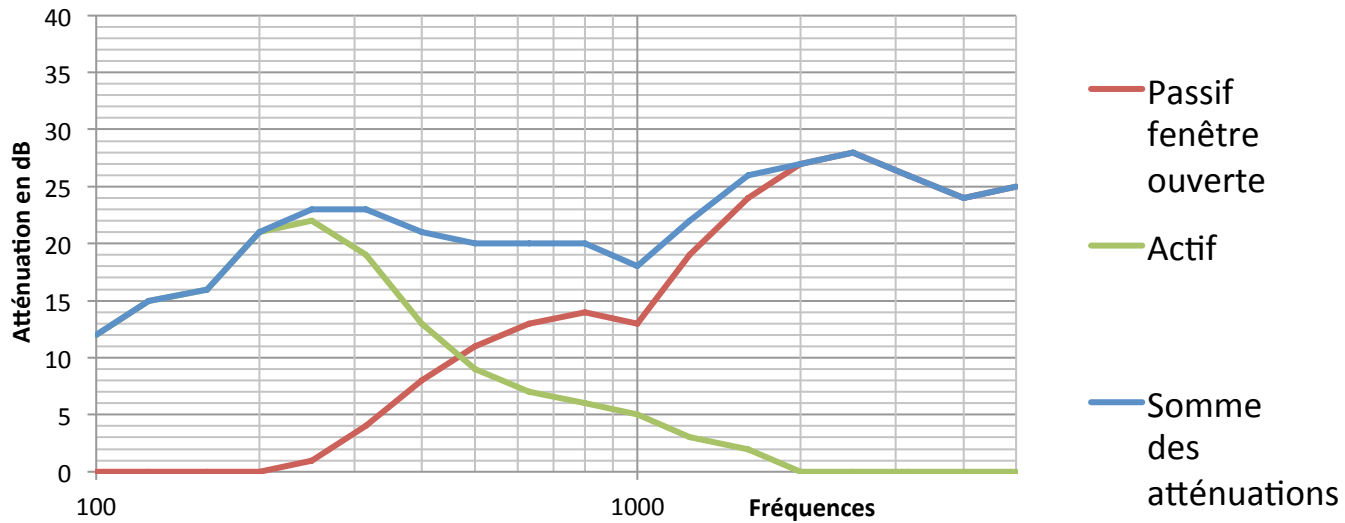
LA!
(THE ACTIVE LABYRINTH)

Concepts et solutions innovantes proposées par TechnoFirst



✓ Le contrôle électronique du bruit pour une fenêtre ouverte anti-pollution

▲ La fenêtre LA !



Conclusion générale



- ✓ TechnoFirst a déposé **5 brevets internationaux** concernant ces nouvelles solutions de **vitrages actifs** ;
- ✓ Associer notre technologie de **contrôle actif** et les **mini haut-parleurs** de Fraunhofer nous permettent d'offrir une solution :
 - réaliste ;
 - économique ;
 - ultra intégrée ;
 - disponible pour l'industrialisation de masse.

