

**CFA '18 LE HAVRE ■ 23-27 avril 2018**  
**14<sup>ème</sup> Congrès Français d'Acoustique**



**I-Simpa, un Logiciel Open Source pour la Propagation Acoustique  
dans des Milieux Complexes, en Soutien à des Actions Pédagogiques**

J. Picaut et N. Fortin  
IFSTTAR, CEREMA, UMRAE, Route de Bouaye, F-44344 Bouguenais, France  
judicael.picaut@ifsttar.fr

I-Simpa est une plateforme logicielle permettant d'utiliser des codes de calcul dédiés à l'étude du champ acoustique dans des espaces complexes. Développé par l'Ifsttar, initialement pour ces propres besoins de recherche, I-Simpa est aujourd'hui diffusé librement auprès des communautés intéressées. Sa philosophie *Open Source* et son fonctionnement ouvert, autorisant les utilisateurs à manipuler les données, les interfaces et les codes de calcul, par l'intermédiaire de scripts en langage Python, font de I-Simpa un outil particulièrement adapté au développement d'actions pédagogiques, par exemple en soutien à des enseignements ou à la réalisation de travaux pratiques et de projets d'étudiants. Dans la présente communication, nous présentons cet esprit d'ouverture qui caractérise I-Simpa, et détaillons des exemples de ressources pouvant être utilisées dans le cadre de travaux pratiques en acoustique. L'exemple de la simulation d'une salle réverbérante pour l'estimation des propriétés acoustiques des matériaux est détaillée. Plus globalement, nous insistons également sur l'approche communautaire associée à I-Simpa, qui permettrait de partager de nombreuses ressources entre les différents utilisateurs/contributeurs de I-Simpa.

## 1 Introduction

I-Simpa [1] est une plateforme logicielle, développée depuis 2011 par le Laboratoire Centrale des Ponts et Chaussées (LCPC), puis par l'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (Ifsttar), destinée à la modélisation du champ acoustique dans des espaces complexes en 3D. L'objectif initial était de pouvoir manipuler les différents codes de calcul acoustique développés au sein de l'Ifsttar pour des applications en acoustique architecturale et urbaine, au sein d'un unique outil informatique.

Par la suite, les différents retours sur cette plateforme de simulation, formulés par des chercheurs, enseignants et autres « techniciens », ont incité les développeurs de cette interface à la diffuser gracieusement au sein de la communauté, sous forme d'un *freeware*. Afin de développer une communauté d'utilisateurs et de contributeurs, I-Simpa est devenu par la suite un logiciel libre (*Open Source software*) à partir de 2014.

L'interface I-Simpa est actuellement diffusée en version 1.3.4 (beta) et intègre deux codes de calcul : SPPS (code de lancer de particules sonores) [2] destiné à l'acoustique architecturale et urbaine ; TCR [3] (application de la théorie classique de la réverbération) destiné à l'acoustique architecturale ; un troisième code, MD (code basé sur le modèle de diffusion, actuellement en phase expérimentale) [4], destiné à l'acoustique des salles et du bâtiment, est également disponible mais non diffusé par défaut dans la distribution.

La philosophie actuelle du développement de I-Simpa est tournée intégralement vers la science ouverte (*Open Science*), en essayant de mettre à disposition de l'ensemble des communautés intéressées, des ressources accessibles librement et en toute transparence. Parmi ces communautés, celles de l'enseignement de l'acoustique (enseignants et étudiants) constitue une cible privilégiée, en cohérence avec les missions d'un établissement de recherche publique tel que l'Ifsttar. Dans ce domaine, I-Simpa peut être une solution intéressante en tant que support à l'enseignement de l'acoustique (section 2) et à la recherche (section 3), mais également dans le cadre d'un enseignement « informatique » autour du logiciel libre (section 4).

## 2 Un support à l'enseignement en acoustique

### 2.1 Pour illustrer les phénomènes physiques mis en jeu

I-Simpa est développé en s'attachant au respect des phénomènes physiques mis en jeu lors des processus de propagation acoustique. Ainsi, suivant les codes de calcul utilisés, I-Simpa permet d'expliquer et d'illustrer certains phénomènes physiques mis en jeu lors de la propagation acoustique : la dispersion géométrique ; l'absorption atmosphérique ; l'absorption, la transmission et la diffusion acoustique par des surfaces ; les profils de célérité du son dans l'air ; la diffusion par des encombrements...

À titre d'illustration, « l'interface » permettant de paramétrer les propriétés acoustiques par une cloison permet de bien appréhender la nécessaire cohérence entre les valeurs d'absorption (coefficient d'absorption) et de transmission (perte par insertion) d'une paroi. Les valeurs sont en effet automatiquement ajustées de manière à assurer la cohérence entre ces deux phénomènes (la quantité d'énergie transmise par une cloison, ne peut en effet pas dépasser la quantité absorbée). L'ensemble des phénomènes absorption-transmission-diffusion de surface peut par ailleurs être illustré grâce à des outils d'animation (suivi de particules sonores) en utilisant le code SPPS.

### 2.2 Pour illustrer le comportement des modèles de propagation

La possibilité d'intégrer plusieurs codes de calcul au sein d'une même plateforme de simulation constitue une originalité importante de I-Simpa. Si actuellement, la plateforme n'est diffusée qu'avec 2 codes de calculs (SPPS et TCR), auquel s'ajoute potentiellement un code expérimental (MD), les utilisateurs ont la possibilité d'intégrer leurs propres codes de calcul, *via* une bibliothèque Python intégrée dans I-Simpa [5].

Dans ces conditions, il est aisé de mettre en évidence les comportements et les limitations des modèles utilisés, et plus globalement de les comparer, en réalisant simultanément des simulations sur les mêmes scènes. Cela permet en particulier de revenir sur les hypothèses fondamentales de chaque approche, est d'en discuter les limites. Ce travail est d'ailleurs déjà en partie proposé pour les codes diffusés avec I-Simpa : une rubrique du site web de I-Simpa [6] propose en effet de nombreuses ressources sur ce sujet. Les codes de calcul sont appliqués sur plusieurs

scènes « académiques » (13 scènes à ce jour), allant de la salle cubique à des salles couplées, puis comparés entre eux (Figure 1). Les résultats de ces comparaisons sont présentés à travers des graphiques et des commentaires, diffusés sous licence *Creative Commons* (CC BY-SA 4.0), et peuvent donc être réutilisés ou modifiés librement dans le cadre d'enseignements.

En lien avec le paragraphe 2.1, ces mêmes scènes peuvent également être utilisées pour illustrer l'effet de différents paramètres acoustiques sur le champ sonore (diffusion acoustique par des parois, localisation de l'absorption acoustique, présence d'objets diffusants dans la scène).

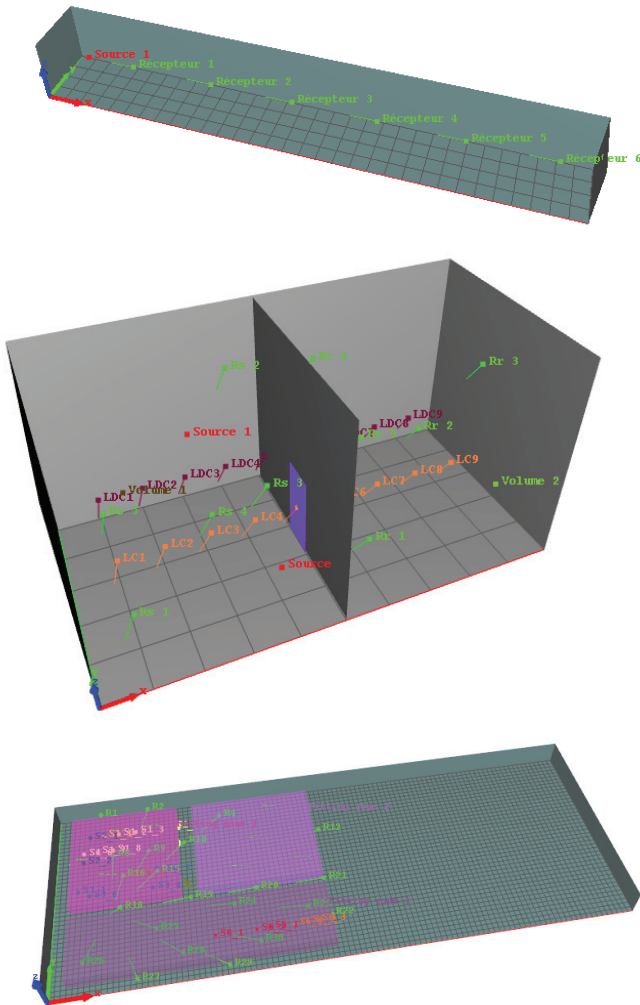


Figure 1. Illustration de scènes 3D pouvant être utilisées à des fins pédagogiques, avec I-Simpa [6]. En haut : un couloir. Au milieu : deux salles couplées par une cloison contenant une porte. En bas : un local industriel, avec 3 volumes contenant des objets diffusants.

### 2.3 Pour la réalisation de travaux pratiques

Comme pour d'autres logiciels en acoustique, l'utilisation de l'outil en tant que tel constitue également un vecteur de formation, notamment dans le cadre de travaux pratiques (TP).

Si l'objectif idéal, à terme, est qu'une communauté active se crée et alimente le site web I-Simpa avec ses propres ressources pédagogiques, nous avons initié la démarche en proposant un exemple de TP portant sur la mesure du

coefficient d'absorption acoustique d'un matériau en salle réverbérante (Figure 2) et l'application de la norme NF EN ISO 354 [9]. Un fichier ZIP est téléchargeable sur le site web de I-Simpa et contient l'ensemble des ressources nécessaires à sa réalisation (en français) : un modèle numérique de salle réverbérante (formats 3ds et SKP), un énoncé de TP (format DOCX), le projet I-Simpa correspondant (format PROJ) et un fichier de données pour la restitution du TP (format XLS). Comme la plupart des ressources disponibles sur le site web de I-Simpa, l'ensemble est diffusé sous licence *Creative Commons* (CC BY-SA 4.0), donc réutilisable librement.

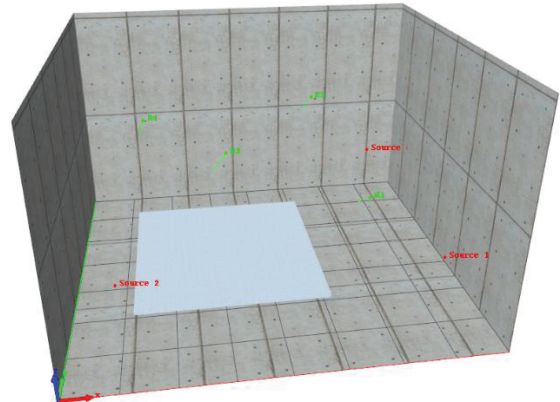


Figure 2. Illustration d'un modèle numérique de salle réverbérante, proposé dans le cadre d'un TP sous I-Simpa sur l'application de la norme NF EN ISO 354.

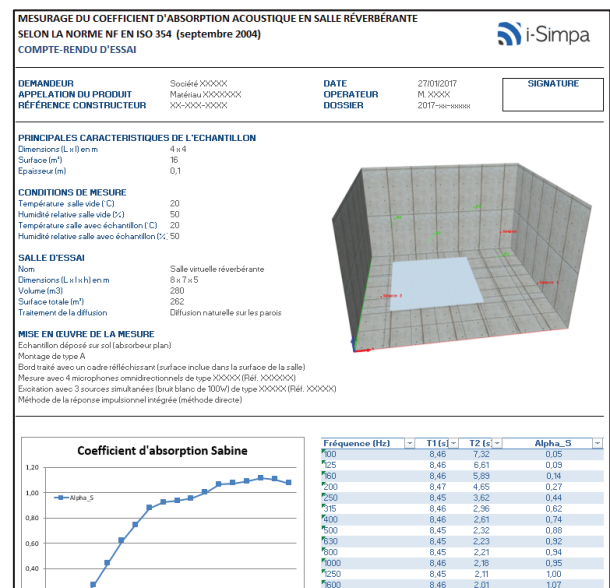


Figure 3. Illustration du compte-rendu de « mesure » proposé dans le TP « Salle réverbérante virtuelle ».

Dans le détail, ce TP se propose de simuler virtuellement une salle réverbérante, en appliquant la norme de référence, dans les conditions réelle d'une étude (i.e. jusqu'à la production du compte-rendu de mesure, Figure 3). Au-delà de la simulation, le TP propose aussi à l'étudiant de réfléchir aux hypothèses et aux limites des relations proposées dans la norme de référence. Ce TP a déjà été mis en œuvre dans le cadre d'une formation universitaire de 4 heures, incluant une prise en main rapide de I-Simpa. Sur le même modèle, un autre TP est prévu pour la simulation de la mesure de l'affaiblissement acoustique d'une paroi.



### 3 Un support à recherche et à la formation à la recherche

« L'ouverture » voulues par les développeurs de I-Simpa, s'inscrit de manière cohérente avec la réalisation d'une recherche « transparente ». S'il peut être parfois reproché l'utilisation de logiciels « commerciaux » et « fermés » pour la réalisation de travaux de recherche, l'utilisation d'un outil libre rend la remarque beaucoup moins discutable. Chacun peut en effet accéder au contenu du code et ainsi se rendre compte lui-même de la véracité des hypothèses et autres conditions mises en avant dans le travail de recherche. Dans une démarche encore plus transparente, et à l'occasion de la diffusion des travaux de recherche sous forme d'article dans certaines revues scientifiques, il est également tout à fait possible d'associer tout ou partie du code comme contenu média complémentaire (sous forme d'un lien vers une version du code utilisé, par exemple).

Cette possibilité d'accéder librement au code source, autorise également la possibilité de modifier le code pour répondre à ses propres besoins de recherche. En pratique, et sans rentrer dans les détails, cela peut se traduire par un redéveloppement de l'ensemble du code afin de lui donner de nouveaux objectifs, sous la forme d'un *fork*, ou plus simplement, l'écriture de lignes de codes supplémentaires pour proposer de nouvelles fonctionnalités au code existant. Cette facilité a par exemple été mise en œuvre sur le code SPPS, dans le cadre de plusieurs travaux de recherche récents ayant donné lieu à publication [7][8].

Sans aller jusqu'à la modification de code, le développement de I-Simpa s'est toujours focalisé sur la possibilité pour un utilisateur d'exploiter les données obtenues avec ses propres outils, pour ses propres traitements. Ainsi, la plupart des résultats de calcul issus de I-Simpa sont consultables sous forme de tables de données, qui peuvent être exportées manuellement (par une action Copier/Coller) ou sous forme de fichiers (CSV), vers d'autres logiciels.

### 4 Un support à l'enseignement « informatique » autour du logiciel libre

Au-delà de l'aspect « acoustique » voulu par la nature du logiciel, le formalisme et la philosophie du développement de I-Simpa se prête également à l'enseignement et à la diffusion d'informations sur le logiciel libre. De nombreux aspects peuvent être développés, par exemple autour des licences des logiciels libres, du droit pour les logiciels libres, des notions de standards ouverts, de communautés de contributeurs, de la conduite de projets pour les logiciels libres, de la donnée ouverte (*Open Data*)... Le public visé ne doit pas se limiter aux étudiants en informatique, mais peut être beaucoup plus large, dans le mesure où le logiciel libre touche désormais tous les secteurs d'activité et donc de formation.

Sur un plan plus technique, le développement de I-Simpa illustre assez bien les choix techniques possibles autour d'un logiciel libre et du concept d'intégration continue. Il peut donc être utilisé comme support à des enseignements pour décrire les différentes composantes du développement d'un logiciel libre : hébergement sur une plateforme collaborative de projets libres (GitHub ; gestion de projet, gestion des

*issues*, wiki) ; gestion des traductions de l'interface I-Simpa grâce à une plateforme de localisation (transifex) ; compilation, test et déploiement automatique de l'application sur plusieurs plateformes (Travis-CI et AppVeyor) ; rédaction de la documentation (Read the Docs)...

## 5 Conclusion

Dans cette communication, nous nous sommes attachés à montrer l'intérêt de la plateforme I-Simpa, pour la réalisation d'actions pédagogiques, de natures diverses. Bien entendu, l'utilisation d'un logiciel d'acoustique pour le l'enseignement ne se limite pas au seul logiciel I-Simpa. Des logiciels commerciaux, bien connus de la communauté des acousticiens, souvent, d'ailleurs, diffusés à des prix réduits pour le monde académique, peuvent tout à fait remplir le même objectif. La différence principale résulte dans la démarche « logiciel libre » et communautaire de I-Simpa, qui offre des possibilités différentes, et constitue donc à notre avis une alternative originale.

Les quelques sujets proposés dans cette communication comme support à une activité pédagogique ne constituent que des suggestions. Chacun pourra développer ces propres sujets, et dans l'idéal, les faire partager au sein de la communauté. Ce dernier point, autour de la création d'une communauté (chercheurs, développeurs, enseignants, étudiants, « techniciens ») constitue en effet une orientation majeure de I-Simpa, avec le souhait d'intégrer massivement des ressources et contributions extérieures au premier cercle des contributeurs actuels.

Au-delà du projet I-Simpa, soulignons d'ailleurs aussi que d'autres initiatives dans le domaine de l'acoustique vont dans ce sens de l'ouverture vers la communauté. On citera par exemple le projet openMat [10] pour la constitution et la gestion d'une base de données communautaire autour des propriétés acoustiques des matériaux, et le projet OpenDAFF [11] pour la constitution et la gestion d'une base de données communautaire de directivités de sources sonores et de récepteurs.

## Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) pour son soutien dans le cadre du projet OPALHA2 (convention N°1217C0025).

## Références

- [1] <http://i-simpa.iftstar.fr/>
- [2] <http://i-simpa.iftstar.fr/presentation/embedded-codes/spps/>
- [3] <http://i-simpa.iftstar.fr/presentation/embedded-codes/tcr/>
- [4] <http://i-simpa.iftstar.fr/presentation/embedded-codes/md/>
- [5] J. Picaut, N. Fortin, I-Simpa, a graphical user interface devoted to host 3D sound propagation numerical codes, Acoustics'2012, Nantes23-27 avril 2012. Actes

- disponibles sur  
<http://www.conforg.fr/acoustics2012/cdrom/data/index.html>
- [6] <http://i-simpa.iftstar.fr/support/resources/code-verification/>
- [7] C. Foy, J. Picaut, V. Valeau, Including scattering within the room acoustics diffusion model: An analytical approach, *The Journal of the Acoustical Society of America* **140**(4), 265969 (2016).
- [8] C. Visentin, N. Prodi, V. Valeau, J. Picaut, Experimental analysis of the relationship between reverberant acoustic intensity and energy density inside long rooms, *The Journal of the Acoustical Society of America* **138**(1) 18192 (2015).
- [9] <http://i-simpa.iftstar.fr/support/resources/for-education>
- [10] <http://www.openmat.info/>
- [11] <http://www.opendaff.org/>