



**HAL**  
open science

# Inharmonique (1977) by Jean-Claude Risset: Design and Development of a Real-Time Version

António de Sousa Dia, João Svidzinski, Alain Bonardi

## ► To cite this version:

António de Sousa Dia, João Svidzinski, Alain Bonardi. Inharmonique (1977) by Jean-Claude Risset: Design and Development of a Real-Time Version. *Revue Francophone d'Informatique et Musique*, 2023, 1 (1), 10.56698/rfim.664 . hal-04483885

**HAL Id: hal-04483885**

**<https://hal.science/hal-04483885>**

Submitted on 29 Feb 2024

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



# Revue Francophone d'Informatique et Musique

## Création et développement de la version interactive et temps réel d'*Inharmonique* (1977) de Jean-Claude Risset

António de Sousa Dias, João Svidzinski et Alain Bonardi

septembre 2023

DOI : <https://dx.doi.org/10.56698/rfim.664>

[Résumé](#) | [Index](#) | [Plan](#) | [Texte](#) | [Bibliographie](#) | [Notes](#) | [Citation](#) | [Auteur](#) | [Version PDF](#) | [a](#) | [A](#)

### Résumés

[Français](#) [English](#)

### Résumé

Le projet de re-crédation et de recodage d'*Inharmonique* (1977) de Jean-Claude Risset (1938-2016), entrepris

avec le compositeur, a pour objectif la réalisation d'une version en temps réel de cette œuvre. La partie électronique devient plus adaptable aux contraintes de l'exécution et à la souplesse d'interaction entre soliste et électronique parfois demandée. Dans cet article, qui se positionne essentiellement comme un rapport de projet, nous présentons les principes qui nous ont guidés. Nous exposerons les souhaits exprimés par le compositeur à l'égard de cette version, et qui nous ont amenés à une analyse et une synthèse en profondeur de l'œuvre. Ce travail nous a permis de compléter et d'étendre la documentation existante, notamment avec la transcription des traitements algorithmiques intégrés dans *Music V*, les routines PLF programmées en Fortran.

## **Abstract**

The project of re-creation and re-coding of *Inharmonique* (1977) by Jean-Claude Risset (1938-2016) undertaken together with the composer, aims the realization of a real-time version of this work, where the electronic part becomes more adapted to the constraints of performance and to the flexibility of interaction between the soloist and the electronics sometimes required. In this article, which is essentially a project report, we present here the principles that guided us in this project, based on the wishes expressed by the composer for this version, which led us to an in-depth analysis and synthesis of the work, allowing us to complete and extend the existing documentation, notably with the transcription of the algorithmic treatments integrated in *Music V*, the PLF routines programmed in Fortran.

## **Index**

**Index de mots-clés** : [musique mixte](#), [temps réel](#), [Jean-Claude Risset](#), [portage](#).

**Index by keyword** : [mixed music](#), [Jean-Claude Risset](#), [real time](#), [portability](#).

## **Plan**

### Introduction

#### 1. Mise-en-œuvre du développement d'une nouvelle version d'*Inharmonique*

##### 1.1 Sources d'information

##### 1.2 Problèmes et contraintes

##### 1.3 Pertinence de la reprise du code

#### 2. Réadaptation d'*Inharmonique*

##### 2.1 Les sections et repérage des événements

##### 2.2 Mise en œuvre technique

##### 2.3 Réadaptation du code

##### 2.4 Développement des outils: le rôle des patchs PFL4 et PFL6

#### 3 Mise en concert

##### 3.1 Préparation des patchs

##### 3.2 La voix dans la section VIII

##### 3.3 La mise en espace

#### 4. Retour d'expérience après la création

### Conclusion

### Remerciement

### Données et codes

## **Texte intégral**

# Introduction

1Le travail sur une nouvelle version temps réel d'*Inharmonique* (1977) de Jean-Claude Risset (1938-2016), commencé par la contribution de José Luís Ferreira (Sousa Dias & Ferreira, 2013), (Ferreira, 2016), est fondé sur deux questions principales : (1) celle de la pertinence de cette re-création et (2) la pertinence de la transcription d'une œuvre mixte sur bande vers des traitement et synthèses en temps réel.

2*Inharmonique* est une œuvre pour soprano et bande créée le 25 avril 1977 par la soprano Irène Jarsky au Centre Georges-Pompidou à Paris. La bande<sup>1</sup> a été produite à l'Ircam et présente plusieurs stratégies de synthèse sonore, fondées sur l'utilisation intensive de l'environnement *Music V* (Mathews *et al.* 1969). À côté de ses qualités musicales, l'importance de l'œuvre dans le répertoire de la musique par ordinateur n'a cessé de croître. Les fichiers utilisés en *Music V* furent documentés dans un rapport rédigé par Denis Lorrain (Lorrain, 1980) et adaptés à d'autres langages de synthèse sonore, comme *Csound*, puis présentés et discutés dans plusieurs ouvrages et travaux d'informatique musicale, par exemple (Dodge & Jerse, 1985), (Larrieu 2018). De plus, le rapport de Lorrain inclut la partition d'*Inharmonique*, avec une proposition de division en huit sections (numérotées de I à VIII), qui correspondent à des aspects particuliers liés au code utilisé et analysé.

3Concernant la pertinence d'une re-création, il faut souligner que lors des conversations avec Risset, le principal point d'intérêt d'une version temps réel d'*Inharmonique* reposait pour lui sur la possibilité d'obtenir une meilleure intégration entre la voix de la soprano chantant l'œuvre et celle enregistrée dans la partie électronique dans la section VIII.

4L'intérêt de la transcription d'une œuvre mixte sur bande vers une version temps réel reste, à notre avis, dans la flexibilité permettant à la soprano une approche plus souple, plus aisée et plus précise de la partition écrite, pour ce qui concerne la synchronisation. Bien que l'écriture musicale tienne compte du problème de synchronisation avec la bande pendant plus de 14 minutes, la synchronisation temps réel permet à la soprano de se concentrer sur la musique même. Le fait que la chanteuse ne soit plus obligée de suivre strictement la bande, permet également un contrôle plus flexible des longs passages de silence.

5Finalement, un point qui nous semble important dans cette version est la contribution aux études et analyses de la musique électronique, surtout en ce qui concerne l'identification des passages qui ne font pas l'objet d'explicitation dans le rapport de Lorrain, car ce dernier "a choisi les séquences les plus caractéristiques de la bande" (Risset, in (Lorrain, 1980)), comme nous le verrons ultérieurement.

6Cet article, qui constitue avant tout un rapport sur le projet, est structuré comme suit : la première section présente le cadre du développement de cette version d'*Inharmonique*, pour ce qui concerne les sources d'information, les problèmes et contraintes qui ont émergé pendant le déroulement du projet. La deuxième section est consacrée à la réadaptation de l'œuvre et dévoile le travail interne, comme la reprise du code ou le repérage des procédures de composition utilisées lors de l'élaboration de la bande en dehors du codage. La troisième section s'attaque à la préparation des matériaux sous l'angle du concert, en particulier la question de l'intégration de la voix à l'électronique. En conclusion, nous faisons le bilan du travail effectué, de ce qui reste à faire et proposons des suggestions pour des directions de recherche futures.

## 1. Mise-en-œuvre du développement d'une nouvelle version d'*Inharmonique*

7Le projet de recréation d'*Inharmonique* a commencé dans la fin des années 2000, avec la participation du compositeur lui-même. L'accès aux codes originaux, grâce au travail mené par Denis Lorrain, a été le point de départ. Néanmoins, la mise à disposition de sources primaires a soulevé d'autres questions méthodologiques. Tout d'abord, les codes n'étaient pas intégralement disponibles. Ensuite, une fois le projet entamé, nous avons été confrontés à la question de la nécessité de cette transcription. Or, un dilemme s'est rapidement présenté : faut-il respecter fidèlement l'œuvre originale, en prenant le risque de renouveler des "imperfections", ou la "mettre à jour", même si la pièce peut sonner moins "fidèle" ? Au cours du projet nous nous sommes rapidement tournés vers la deuxième approche.

## **1.1 Sources d'information**

8Les sources primaires d'information sont le compositeur et ses archives, le rapport de Lorrain (1980), le recodage de *Music V* vers *Csound* opéré par Sousa Dias depuis les années 90 (2007) et la bande elle-même. Le rapport de Lorrain, qui inclut la partition, a contribué de manière décisive à la réussite du projet. Il contient une description minutieuse des traitements numériques, bien qu'il comporte quelques lacunes dans les informations données. L'un de ces manques est la transcription des sous-routines PLF que Risset utilisait pour générer des séquences d'événements de manière algorithmique ; l'ajout de cette transcription est une contribution importante pour compléter la documentation disponible sur l'œuvre. Dans *Music V*, la production d'une bande suit une série d'étapes, déclenchées par l'introduction d'une suite d'instructions contenant la description d'un orchestre et une partition, contenant, parmi d'autres, des instructions pour déclencher des notes (NOT records). Les étapes mentionnées sont groupées sous les désignations de Pass I, Pass II et Pass III. Dans la première phase (Pass I), il existe la possibilité d'introduire les instructions, les PLF mentionnées, qui permettent d'effectuer des traitements sur les instructions NOT suivantes, c'est-à-dire, d'introduire des processus algorithmiques compositionnels, ce qui permet, par exemple, qu'une seule instruction PLF génère plusieurs instructions NOT (cf. Mathews *et al*, 1969: 78-86, Composing Subroutines-PLF). L'autre manque relève du travail de composition : certains passages ne sont pas documentés car les procédures employées ne sont pas numériques mais analogiques : lecture de la bande à l'envers ou à différentes vitesses, ajout de réverbération, montage et mixage de certaines séquences. En effet, le rapport de Lorrain s'intéresse prioritairement aux procédures numériques au niveau de *Music V*.

9La transcription d'une œuvre musicale de sons fixés vers une version temps réel des synthèses et traitements soulève également des questions esthétiques. Les différences entre les systèmes de synthèse *Music V* et *Csound* sont à la source du problème : à quel point pouvons-nous "améliorer" la transcription en bénéficiant complètement des apports des systèmes récents et rester respectueux de l'original ? Il s'agit d'une question de fidélité à l'œuvre même ou aux souhaits et conception originelle du compositeur. Cette question esthétique devient encore plus pertinente avec les possibilités offertes par une version temps réel prenant en compte les facteurs technologiques et la liberté de l'exécution : l'œuvre musicale, auparavant de sons fixés, devient flexible à un point que l'on ne pouvait imaginer lors de ses précédentes exécutions.

10Cela soulève également la question de l'autonomie par rapport à l'œuvre originale et, par conséquent, la version originale du compositeur. Ici, nous avons décidé de nous appuyer sur la volonté du compositeur, exprimée lors de présentations et d'échanges autour du développement du projet. Un autre aspect intéressant de la question concerne la dernière section de l'œuvre : la voix sur la bande peut maintenant être remplacée par la voix de la soprano chantant l'œuvre et permettre ainsi une fusion plus intime entre voix et électronique, l'effet d'écho devenant alors plus important.

## **1.2 Problèmes et contraintes**

11Pour la recréation de cette œuvre, nous rencontrons un certain nombre de difficultés, comme le manque de

code : bien que la majorité du code ait été publiée dans le rapport de Lorrain, certaines parties sont manquantes, car, comme l'explique Risset lui-même :

Denis Lorrain a choisi les séquences les plus caractéristiques de la bande, il a reconstitué des partitions qui fonctionnaient à partir des miennes qui étaient périmées (le programme (*Music V*) n'avait pas pris sa forme finale au moment de la composition) (Risset, in Lorrain 1980)

12Le manque de code et de description des procédures de traitement et montage de la bande révèlent plusieurs défis dans le cadre d'une reconstruction complète :

- Le code n'est pas disponible, ce qui est parfois dû à une édition ultérieure et un mélange des résultats.
- Plusieurs parties sont des matériaux retravaillés, issus de fichiers précédemment générés, par exemple, soumis à des changements de vitesse de la bande (ce qui produit une transposition) ou à l'inversion du défilement de la bande.
- Dans l'enregistrement original de la soprano, on entend quelques tambours qui ne sont pas documentés.

**Figure 1.** Projet Reaper d' *Inharmonique* mettant en évidence la situation des différentes composantes de la bande par rapport à (Lorrain 1980).



13Sur le projet *Reaper* (figure 1), nous donnons un aperçu d'ensemble d'*Inharmonique*, concernant l'identification des divers éléments d'*Inharmonique*.

La piste 1 (voix et bande), en haut, contient la pièce publiée. La piste 2 (sections de la bande), contient la bande d'*Inharmonique*, divisée pour une meilleure identification des silences ou des parties. Les pistes restantes correspondent aux passages référencés dans le rapport de Lorrain, qui donne les listings de code. Les couleurs mettent en évidence les aspects suivants :

Piste 2 (sections de la bande originale découpée) :

- Jaune : bande originale dont le code est disponible
- Rouge : bande originale sans code disponible

Pistes 3 à 5 (groupe de canaux divisés) : les détails sont donnés ultérieurement

Pistes 6 à 13 (groupe issu de *Csound*) :

- Bleu : section générée grâce à un code *Csound*.

- Vert : fichier ré-utilisé via des opérations de copie, d'édition, de transposition ou d'inversion.

## 1.3 Pertinence de la reprise du code

14En ce qui concerne la pertinence de la reprise du code, la préservation de la musique électronique (quel que soit son genre) a posé problème aux compositeurs et interprètes depuis ses débuts (Lemouton *et al.*, 2018). D'un côté, la mise en œuvre d'une restauration paraît nécessaire dans le cas d'une œuvre créée il y a plus de 35 ans ; de l'autre, les questions qui émergent sont loin d'être évidentes.

15Souvent, il ne s'agit pas seulement de reprendre tels quels les composants d'une œuvre avec la même technologie : des rôles différents sont alors redistribués vers d'autres acteurs, que ce soient des êtres humains, des matériels ou des logiciels. Donc, le terme "réadaptation" en tant que traduction du terme *recasting* proposé par Chadabe (Chadabe, 2001) nous semble préférable à d'autres, soulignant la possibilité que des adaptations devront avoir lieu. Par exemple, dans la transcription de fichiers de Jean-Claude Risset, la décision de conserver la similarité de styles entre *Music V* et *Csound*, par Sousa Dias, a été une façon de faire face à ce problème, en considérant la structure de programmation et les noms de variables (Sousa Dias, 2007, 2009, 2011) (Van Ransbeeck *et al.*, 2012) (cf. figure 2).

16C'est la raison pour laquelle la solution trouvée pour la nouvelle version peut paraître de prime abord différent de l'original. Paradoxalement, une réadaptation faisant appel à la participation du compositeur peut conduire à une solution différente de "l'original". Chowning (2007) rapporte que pendant la reconstruction de *Stria*, des artefacts dus à des problèmes technologiques (fréquence d'échantillonnage plus faible, quantification du signal, etc.) furent éliminés à sa demande.

17Les partitions *Music V* révèlent d'autres questions intéressantes. Comme elles ne sont pas conçues pour le temps réel, les lignes de commande peuvent par exemple être regroupées par numéro d'instrument plutôt que par ordre chronologique. De fait, dans *Music V*, avant de procéder à la phase de génération, la phase Pass II (Mathews, 1969, p.153) procède notamment à l'organisation temporelle des événements.

18Il s'agit d'une question délicate, car impliquant des adaptations comme la réorganisation du code pour intégrer par exemple l'électronique produite en temps réel.

19Ainsi, nous avons réfléchi également à l'emplacement de figures complexes pré-synthétisées et déclenchées en temps réel comme événement unique. Enfin, les stratégies d'interaction entre voix et ordinateur ont également été prises en compte.

## 2. Réadaptation d'*Inharmonique*

20La première étape du recodage de la nouvelle version d'*Inharmonique* a été la révision de la partition de la soliste afin de l'adapter à la version temps réel. Ensuite, il a fallu créer un environnement numérique pour l'exécution du nouveau moteur sonore. Une version inédite de la partition d'*Inharmonique*, réalisée par le compositeur lui-même en 2014, a été retrouvée dans ses archives. À partir de cette version, nous avons ajouté des *events* qui correspondent aux sections de l'électronique déclenchées à la volée dans la version temps réel. Quant à l'environnement numérique, nous avons choisi des langages qui permettent de conserver, dans la mesure du possible, la syntaxe originale de la pièce. Nous avons donc choisi d'intégrer le moteur sonore en *Csound* avec Max et des scripts en JavaScript.

### 2.1 Les sections et repérage des événements

21La préparation de la version temps réel a demandé un découpage complémentaire par rapport à celui de Lorrain. Cependant, ce dernier a été conservé pour permettre des comparaisons et recherches adéquates. Dans le tableau 1, nous présentons le repérage de déclenchement d'évènements ajoutés à la partition et leur correspondance avec les sections selon Lorrain (1980).

Tableau 1. Repérage des sections I à VIII (Lorrain) et des événements 1 à 22 (version temps réel), suivis du minutage approximatif.

Section	<i>events</i>	Temps approx.	Partitions et sous-routines PLF appelées (Lorrain 1980)
I	1	00:00	NOISE4
II	2	00:58	VOXN1 (app. PLF5), RVP411 (app. PLF4)
	3	01:28	
	4	01:41	
III	5	03:10	FM8, LB1113 (app. PLF7), LOSL03, PHASE6
	6	05:00	
IV	7	05:18	BELHH4 (app. PLF6), HH3 (app. PLF4)
	8	05:48	
	9	05:56	
V	10	06:35	BELLSB (app. PLF6)
	11	07:08	
	12	07:35	
	13	08:13	
	14	08:28	
VI	15	09:16	BLLTX1
	16	10:05	
	17	11:44	

VII	18	12:10	BLLTX1 (app. PLF6), BLTX2 (app. PLF6), PHASE7
	19	12:59	
VIII	20	13:11	IR, IRR1, IRR3, IRR4
	21	13:42	
	22	14:06	

## 2.2 Mise en œuvre technique

22La mise en œuvre technique du projet conjugue deux environnements : Max et *Csound*, qui font appel à des routines programmées en JavaScript et à la bibliothèque HOA (Colafrancesco et al. 2013) pour la version multicanale.

23Max est ici utilisé comme gestionnaire utilisateur : sa tâche principale est de préparer et déclencher les événements, principalement à partir d'un objet (js) qui permet d'implémenter le code en JavaScript. Ce dernier est utilisé comme interface entre les messages d'événements et la gestion de l'objet *Csound*. Une de ses tâches est de réaliser le traitement des routines PLF en temps réel. *Csound* est utilisé comme générateur sonore. Les événements sont envoyés vers le moteur sonore via l'objet *csound~* conçu pour Max par Matt Ingalls, cf. (Products of Interest 2002) et (Pyon 2020). Un des avantages de l'utilisation de *Csound* est de permettre de conserver une expression du code idiomatique par rapport au langage *Music V*, constituant ainsi un pont entre *Music V* et Max.

**Figure 2.** Exemple d'un même instrument codé en *Music V* (librement adapté de la routine BELLSB, Lorrain 1980) et en *Csound*.

Music V	Csound
<b>INS 0 3;</b>	<b>instr 3</b>
	iDUR = p3
<b>IOS P5 DUR B3 F3;</b>	aB3 <b>oscili</b> p5, 1/iDUR, 3
<b>IOS B3 Hz(P6) B3 F1;</b>	aB3 <b>oscili</b> p6, aB3, 1
<b>OUT B3 B1;</b>	<b>out aB3</b>

**END**

**endin**

Les commandes sont soulignées en gras pour permettre une meilleure compréhension. On remarquera la différence de syntaxe entre les deux versions : en *Music V*, on écrit “**Commande** *Sortie Entrée(s)*”; en *Csound*, ce sera “*Sortie(s)* **Commande** *Entrée(s)*”. La manière de nommer les variables (paramètres, bus, etc.) est également différente. Les noms des variables adoptés sur *Csound* reprennent les noms des variables sur *Music V* pour établir un rapport plus clair entre les deux versions.

24 Pour que cette version puisse être utilisée en concert, nous avons adopté une approche interactive et incrémentale. Le patch temps réel permet trois modes d’exécution :

1. la lecture de la bande originale (fichier sonore), ou d'extraits résultant de la segmentation de ce fichier ;
2. la génération temps réel des événements ou la lecture de fichiers sonores résultat de la resynthèse, dans les cas où la resynthèse temps réel reste trop lourde, voire impossible ;
3. le mélange des modes 1) et 2).

Ces trois méthodes d’exécution sont interchangeables, ce qui permet d’aller de la bande originale (de ce fait utilisant les parties de voix originales) à la version temps réel, au fur et à mesure de la révision des sections, de l’application des choix d’ingénierie inverse et de leur prise en compte.

## 2.3 Réadaptation du code

25 Une phase très importante du travail a été la consolidation de tous les instruments dans un seul fichier *Csound* (les fichiers *jcr\_inharmoniqueRT.csd* ou *jcr\_inharmoniqueRT\_AMB.csd*). Pour la réalisation de la bande originale, certaines partitions *Music V* génèrent des fichiers audios mono, d’autres stéréo. D’ailleurs, le travail original a été réalisé en montant et mixant plusieurs fichiers.

26 Pour éviter des conflits entre la numérotation identique d'instruments provenant de différents fichiers, nous avons changé leur numérotation, en indexant les instruments en fonction de la section à laquelle ils appartiennent. Par exemple, les instruments 5 dans la séquence NOISE4 de la section I, et dans les séquences VOXN1 et RVP411 de la section II, ont respectivement été renommés instruments 1005, 2105 et 2205. Cette consolidation a parfois impliqué le passage d'instruments mono à des instruments stéréo ou multicanaux.

27 La nécessité de retravailler le code traduit s’est fait en adoptant la méthodologie suivante :

- Les commandes *Csound*, les noms de variables et les valeurs sont les plus proches possibles de leurs équivalents *Music V* dans l’idée de permettre une compréhension aisée du code original.
- Les numéros d’instruments sont modifiés pour permettre une exécution complète de l’*orchestra* jouant tous les instruments en temps réel. De ce fait les numéros d’instruments sont adaptés aux numéros des sections. Les instruments de la section I sont désignés à partir de i1000 ; ceux de la section II à partir de i2000, et ainsi de suite. Les sous-sections sont comptées de 100 en 100. Par exemple, l’instrument original numéro 5 “INS 0 5” de la seconde sous-section de la section IV sera nommé i4205. La même convention s’applique aux tables de fonctions, avec le risque d’avoir des duplications de tables.
- Le programme JavaScript qui traduit les instructions PLF et génère les événements “i” correspondants est fondé sur plusieurs descriptions. Il s’agit d’une adaptation du code original écrit en langage Fortran

IV. Toutefois, nous avons procédé à certaines modifications pour rendre le code plus lisible. À certains moments, des suggestions ont été proposées au cas où des développements ultérieurs conduiraient à l'ajout de paramètres supplémentaires aux 'i-events' pour traiter les instruments ainsi modifiés (en particulier pour PLF4 et PLF6, voir infra 3.3).

- Les sous-routines PLF5 et PLF6 représentent des cas spéciaux. Elles demandent un fichier texte additionnel comportant la description des structures (nous proposons trois fichiers, *plfSV\_data1.txt*, *plfSV\_data2.txt* et *plfSV\_data3.txt* reprenant des versions différentes de données selon Risset lui-même). Cela nous a permis de constituer un fichier texte catalogue des différentes descriptions de cloches que Risset a utilisées dans plusieurs de ses œuvres.

28En plus, dans certains cas nous avons généré au préalable les commandes NOT (événements "i" - *Csound*) implicites par les sous-routines PLF, par souci d'efficacité et de rendu de calcul. Certains fichiers sonores ne peuvent être générés en temps réel, ils sont précalculés, sauvegardés et mis à disposition par lecture de buffers.

## 2.4 Développement des outils: le rôle des patchs PFL4 et PFL6

29Deux patchs Max permettant l'exécution de PLF4 et PLF6 représentent des exemples d'outils développés en conséquence de ce recodage. Ils ont permis à l'utilisateur de rapidement jouer et entendre les structures, de les transposer et de voir des transcriptions dans des notations approchées (alphanumérique et musicale). Ils ont été un support important pour l'ingénierie inverse, en ce qui concerne le repérage de certaines séquences dont le code n'était pas explicite.

Figure 3. Le patch *PLF4Player*.



Figure 4. Le patch *PLF6Player*.



D'emblée, la première solution ne pouvait pas s'appliquer à l'intégralité de la partie électronique. Or, comme mentionné précédemment, les codes d'*Inharmonique* sont incomplets. De plus, pour certains passages, Risset génère des matériaux par le biais de méthodes entièrement analogiques, à partir de sons déjà compilés. Ces deux méthodes sont impossibles à reconstruire en temps réel.

33Quant à la deuxième option, une utilisation différente des *PLF4Player* et *PLF6Player* est nécessaire pour jouer la section VIII. Dans ce passage, la voix de la soliste est reprise et diffusée par l'électronique. Cela est aisément faisable avec le logiciel Max. Cependant, l'enregistrement de la voix et sa reprise en direct au moment du concert entraînent des risques. L'exécution de la section VIII ainsi que des autres passages de la pièce entièrement en temps réel ne se justifient pas. Nous avons donc choisi de générer tous les matériaux au préalable et de lancer les fichiers en temps réel. Certes, ce choix peut remettre en question notre projet de créer une version temps réel d'*Inharmonique* ; cependant, cela atteste que notre intérêt est tout d'abord musical. L'innovation de notre version se trouve notamment dans la qualité sonore du nouveau matériau, ainsi que la révision interprétative de certains passages (voir infra 3.4). Quoi qu'il en soit, une version entièrement temps réel est réalisable après notre projet.

### 3.1 Préparation des patches

34Le mode d'opération de la version disponible sur GitHub<sup>3</sup> (Svidzinski 2021) - testée en concert (MSH Paris Nord 2020) - reste le plus simple possible. Un ensemble de fichiers, pilotés par un patch Max principale: *\_Patch\_concert11282020.maxpat*. En plus d'une installation de Max, l'installation de la bibliothèque HOA (Colafrancesco et al 2013) et de l'objet externe *csound~.mxo* est donc requise. Pour l'installation et mode d'opération de ce dernier, voir par exemple (Pyon 2020).

35Il y a trois façons de procéder au rendu sonore à partir de fichiers sonores calculés au préalable. D'abord, dans le mode de lecture de la bande originale, lue par morceaux, le rôle du fichier *jcr\_inharmTAPe.txt* est de faire correspondre les extraits à lire aux événements les identifiant. Un deuxième mode repose sur la lecture des fichiers de son pré-calculés correspondant aux événements à déclencher. Ce mode permet de jouer des événements trop lourds à calculer, ou des morceaux dont le processus de rendu n'est pas possible en temps réel (fichiers de son lus à l'envers, transposés après calcul, etc.). Une troisième forme de lecture reste dans le mélange des deux premiers modes, permettant de maintenir le fichier original. Ici, l'avantage d'une nouvelle génération n'est pas évident voire possible.

### 3.2 La voix dans la section VIII

36Pour Jean-Claude Risset, l'intégration de la voix était un aspect essentiel à considérer dans *Inharmonique*, car cette volonté d'intégration pouvait être faussée par les différences entre la voix de la soprano et la voix enregistrée sur la bande magnétique. Dans l'enregistrement de 1978, ce problème ne se pose pas, puisque c'est la voix d'Irène Jarsky, la chanteuse de l'œuvre, qui est enregistrée et traitée sur la bande.

37Cette question devient incontournable dans la section VIII, où l'enregistrement vocal fait écho à la voix live, créant un sentiment de prolongement de la voix dans la partie électronique, fusionnant ces deux composantes. De plus, la mise en scène de la pièce renforce cette idée.

38Ainsi, nous avons isolé le fragment à enregistrer auparavant (cf. figure 5) et le fait que le patch prévoit l'enregistrement de la voix lui permet d'être intégrée dans le tissu de la partie électronique. Ajoutons aussi qu'en enregistrant la voix dans la même salle que le concert, son enregistrement contiendra également l'empreinte de l'environnement dans lequel l'œuvre sera exécutée, favorisant à notre avis une meilleure intégration.

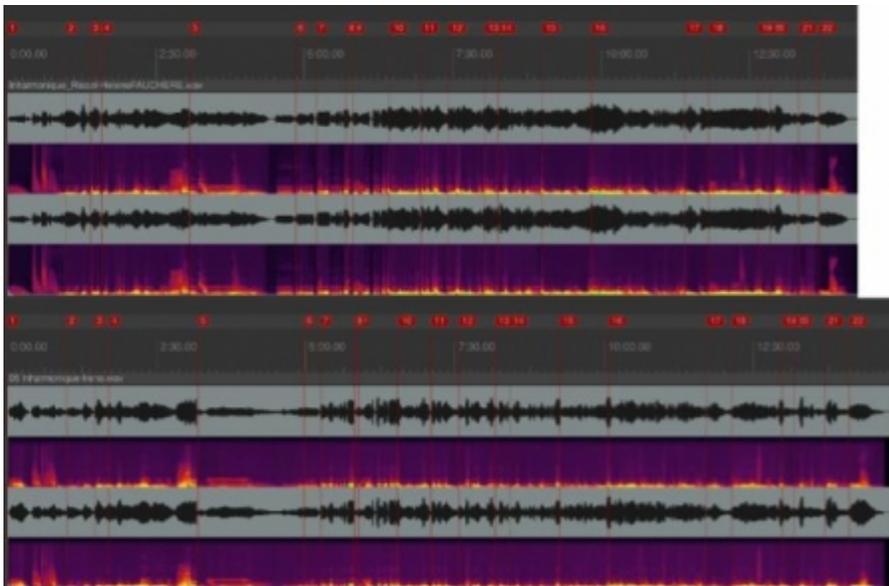


stéréo, avec un *panning* identique à l'original, ont été produits.

## 4. Retour d'expérience après la création

44L'enregistrement de la nouvelle version a été comparé avec celui de la création de la pièce en 1977 par la soprano Irène Jarsky (Figure 6). Une légère souplesse est observée dans la nouvelle version. De plus, elle est 30 secondes plus courte que la version originale. Cela atteste que la soprano a gagné plus de liberté. Ainsi, elle a une perception sonore « active » qui lui permet d'entrer dans « le son lui-même ». L'interprétation s'approche alors d'un travail de musique de chambre. Cependant, cette liberté est conditionnée par l'œuvre elle-même. Or, les différences temporelles entre les versions restent limitées. Cela prouve que la pièce a une cadence, une allure propre.

**Figure 6.** Comparaison (forme d'onde et sonagramme) des versions d'*Iharmonique* : nouvelle version (haut), version de la création (bas).



45L'analyse comparative de deux passages nous permettent de synthétiser quelques caractéristiques de notre démarche. Tout d'abord, au minutage 10'00" de la bande originale (Audio 7), événement 16 de notre version, grâce à la souplesse chronométrique de la nouvelle version, la soliste a plus de temps pour articuler le motif initial (Audio 8). Après ce motif, dans la version de 1977, la soliste est plus libre et son intervention est moins présente que dans la nouvelle version.

**Audio 6.** Minutage 10'00" de la version originale de 1977 par Irène Jarsky. <https://api.nakala.fr/embed/10.34847/nkl.a0db89n9/e82baa180ebf9f5d9d19a417b2d0cf6663b1d0ff>. Avec l'aimable autorisation d'INA GRM.

**Audio 7.** Même passage de la nouvelle version par Hélène Fauchère, (Bonardi et al. 2023). <https://api.nakala.fr/embed/10.34847/nkl.a0db89n9/9677fcc33bdb8dfa8e7a34f8ba31de2fa2dc2ed3>

46Ensuite, au minutage 5'15" de la bande originale (événement 7 de notre version), dans la version de 1977 (Audio 9), la soprano semble « sortir » de la cloche introductive. En réalité, la note chantée correspond à une composante fréquentielle de la cloche avec un rapport inharmonique. Dans la nouvelle version (Audio 10), il y a un léger décalage entre la soprano et le son de cloche qui caractérise le phénomène décrit ci-dessous. En revanche, la voix est plus ancrée sur les partiels aigus décalés (réalisé avec la sous-routine PLF 4). Ainsi, la

nouvelle version révèle une nouvelle interprétation de ce même passage (Svidzinski, 2020).

**Audio 8.** Minutage 5'15" de la version originale de 1977 par Irène Jarsky. <https://api.nakala.fr/embed/10.34847/nkl.a0db89n9/faffede9f7a3b74bcc48fffebc356ede556b2adf>. Avec l'aimable autorisation d'INA GRM.

**Audio 9.** Même passage de la nouvelle version par Hélène Fauchère, (Bonardi et al. 2023). <https://api.nakala.fr/embed/10.34847/nkl.a0db89n9/f00c722c495df67763e8e28377721829fc884174>

47 Dans tous les exemples, la différence de rendu sonore est évidente. Dans la nouvelle version, l'électronique est plus précise et le bruit de fond est quasiment inexistant. Cette comparaison ne prétend pas affirmer que la nouvelle version est meilleure que l'originale. Chacune témoigne d'une époque et d'un contexte différent. De plus, la nouvelle version valorise les qualités de la version de 1977 en soulignant ses singularités. La version d'Irène Jarsky restera toujours une référence remarquable du travail de Risset. Ces deux versions sont alors complémentaires et mettent en valeur le travail remarquable du compositeur.

## Conclusion

48 *Inharmonique* est une œuvre dont les processus sont largement référencés et étudiés dans la littérature de l'informatique musicale, notamment à travers le rapport de Lorrain (1980). Cependant, ce projet, en reprenant l'étude de cette œuvre en vue d'une proposition de reconstruction, a permis de mettre en évidence des passages et des procédés qui n'avaient pas encore été explicités et sans lesquels une analyse complète n'est pas possible. En effet, outre la disponibilité des routines PLF, il existe des sections dont le code n'est pas explicite, ainsi que certaines procédures de réutilisation de certains matériaux, par le biais de la transposition, du montage et de la lecture de bande inverse, des techniques qui découlent de la musique réalisée pour la bande magnétique.

49 Nous pensons avoir rendu accessible une version de l'œuvre où, outre l'accès à l'interprétation de l'œuvre, l'accès aux sources du projet dans un dépôt sur la plateforme GitHub (Svidzinski 2021) va dans le sens de Jean-Claude Risset, qui a toujours souhaité la diffusion des résultats, comme le montre la disponibilité de son *Catalogue* (1969). Cette proposition répond également à son désir d'une version d'*Inharmonique* ouverte à l'intégration dans la partie électronique de chaque soprano interprétant l'œuvre.

50 Ainsi, nous mettons à disposition un répertoire contenant une adaptation en *Csound* du code *Music V* de (Lorrain, 1980). La version la plus récente consiste en une gestion programmée en Max articulant les fichiers *Csound* '.csd' et réintégrant les routines PLF initialement programmées en Fortran maintenant recodées en Javascript. Cette adaptation, conçue pour l'objet "csound~" dans Max, permet l'exécution des *listings* en temps réel, les événements à déclencher ayant été adaptés aux particularités du temps réel, notamment en ce qui concerne l'ordonnancement temporel des événements.

51 Comme documentation supplémentaire, une vidéo d'une séance de travail avec ce système est partagée sur YouTube : <https://youtu.be/PcRVusjdO3Y>

52 L'accès désormais fourni permet également la continuité du projet vers la poursuite de l'analyse des sections et l'amélioration de l'ingénierie inverse nécessaires à la reconstruction de sections. Dans ce but, des utilitaires d'aide à l'analyse-synthèse ont été développés, notamment pour les routines PLF4 et PLF6.

53 L'hybridation des matériaux désormais obtenus avec la bande originale permet également différents niveaux de résultats - du recours total à la bande originale à l'utilisation de passages re-synthétisés, en passant par des versions où les deux possibilités coexistent en alternance - sans perdre l'objectif prioritaire qui a

toujours été de réaliser l'œuvre.

54Finalement, nous pensons que la réalisation de ce projet constitue une contribution substantielle à la documentation d'*Inharmonique* et ouvrira de nouvelles possibilités d'exécution de ce chef d'œuvre qui reste une œuvre phare dans le répertoire de la musique par ordinateur.

## Remerciement

Ce projet a été réalisé avec le soutien du laboratoire MUSIDANSE / équipe CICM, de la MSH Paris Nord, du Centro de Investigação em Belas Artes (CIEBA), Faculdade de Belas-Artes, Universidade de Lisboa.

## Données et codes

Bonardi Alain, Sousa Dia António, Svidzinski João (2023) "Extraits audio Inharmonique (1977), Les cris sixième cercle (2019), Dans la nef de nos songes (2019), TêTrês (2001)" [Sound] NAKALA. <https://nakala.fr/10.34847/nkl.a0db89n9>

Sousa Dias, António (2021). Jean-Claude Risset's Inharmonique (1977) for soprano and tape - RealTime version. SoftwareHeritage. <https://archive.softwareheritage.org/swh:1:dir:e55b71c546d316fbc64313c88830cf64a54c7d8c>

Svidzinski, João (2021, 19 oct). Jean Claude Risset - Inharmonique (1977). Centre de recherche Informatique et Création Musicale. SoftwareHeritage. <https://archive.softwareheritage.org/swh:1:dir:c4bc2655c2155287109816f059fa4ef1a208261b>

## Bibliographie

Bonardi Alain (2020), "Composer l'espace sonore", *Revue Francophone d'Informatique et Musique*, no. 7-8. <https://doi.org/10.56698/rfim.624>

Chadabe Joel (2001), "Preserving Performances of Electronic Music", *Journal of New Music Research*, vol. 40, no. 4. <https://doi.org/10.1076/jnmr.30.4.303.7485>

Chowning John (2007). "Stria": Lines to Its Reconstruction. *Computer Music Journal*, vol. 31, no. 3. <https://doi.org/10.1162/comj.2007.31.3.23>

Colafrancesco Julien, Guillot Pierre, Paris Elliott, Sedes Anne, Bonardi, Alain (2013), La bibliothèque HOA, bilan et perspectives. *Journées d'Informatique Musicale*, Saint-Denis. (prix du jeune chercheur 2013). <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01196422>

Dodge Charles, Jerse, Thomas A. (1985), *Computer music: synthesis, composition, and performance*. Schirmer Books, New York, 1985

Ferreira José Luís (2016), *Música Mista e Sistemas de Relações Dinâmicas*. Doctoral Dissertation, Universidade Católica Portuguesa, Porto, pp148-157. <http://hdl.handle.net/10400.14/24086>

Lemouton Serge, Bonardi A., Pottier, L., Warnier, J (2018), "On The Documentation of Electronic Music", *Computer Music Journal*, vol. 42, no. 4. [https://doi.org/10.1162/comj\\_a\\_00486](https://doi.org/10.1162/comj_a_00486)

- Larrieu Maxence (2018), *Analyse des musiques d'informatique, vers une intégration de l'artefact : propositions théoriques et application sur Jupiter (1987) de Philippe Manoury*, thèse de doctorat, Université Paris-Est. <https://hal.science/tel-01757277>
- Lorrain Denis (1980), *Analyse de la bande magnétique de l'œuvre de Jean-Claude Risset "Inharmonique"*, Centre Georges Pompidou (Rapport IRCAM n° 26/80), Paris. <https://web.archive.org/web/20230902121035/http://articles.ircam.fr/textes/Lorrain80a/>
- Mathews Max Von *et al.* (1969). *The Technology of Computer Music*. The MIT press, Cambridge.
- Pottier Laurent (1998), "Dynamical spatialization of sound. HOLOPHON : graphic and algorithmic editor for Sigma1". *Proceedings of DAFx98*.
- Products of Interest: Csound External for Max/MSP. (2002). *Computer Music Journal*, vol. 26, no. 3. <https://doi.org/10.1162/014892602320583007>
- Pyon Davis (2020), 09 B. Csound in MaxMSP. in Iain McCurdy, Joachim Heintz, Hlöðver Sigurðsson (eds.). *The Csound Floss Manual*. <https://flossmanual.csound.com/csound-in-other-applications/csound-in-maxmsp>
- Risset Jean-Claude (1969, 1995), *An introductory catalog of computer-synthesized sounds* (1969). The historical CD of digital sound synthesis, CD Wergo 2033-2.
- Risset Jean-Claude (1977), *Subroutine PLF. Fortran V.5(515) 4-JUL-77 18:10*. (Listing Fortran envoyé par l'auteur à António de Sousa Dias)
- Risset Jean-Claude (1977), *Inharmonique. Sud, Dialogues, Inharmonique, Mutations* (CD audio). INA-GRM. (Original work published 1987)
- Risset Jean-Claude (2006), Interaction and spatialization: three recent musical works. *Sound and Music Computing*, May 2006, Marseille. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03013967>
- Risset Jean-Claude, Arfib Daniel, de Sousa Dias António, Lorrain Denis, Pottier Laurent (2002), "De "Inharmonique" à "Resonant Sound Spaces" : temps réel et mise en espace". *Journées d'Informatique Musicale*. AFIM, Marseille. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02982725>
- Risset Jean-Claude (2004). "Resonant Sound Spaces". DTS recording (Digital Surround, 5.1). in *CD Musiques en 5.1*, vol.2 (Thélème contemporain, TC 14) (avec Bayle, Bouttier, Barrière, Diennet, Duchenne, Favre, Merlier).
- Sousa Dias Antonio, Bonardi A., Svidzinski J, Luis Ferreira J. (2019). "Jean-Claude Risset - Inharmonique (1977 - 2019, 2ème version) avec Hélène Fauchère", *Concert de musique électroacoustique et mixte pour la voix "Re-création et héritage d'Inharmonique de Jean-Claude Risset*. MSH Paris Nord, 28 novembre 2019. <https://youtu.be/PcRVusjdO3Y?feature=shared>
- Sousa Dias António (2003), Transcription de fichiers Music V vers Csound au travers de OpenMusic. *Journées d'Informatique Musicale*, AFIM, Montbeliard. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02994145v1>
- Sousa Dias António (2007), Deux contributions à la pédagogie de la musique électroacoustique et l'informatique musicale. *Journées d'Informatique Musicale*, AFIM, Lyon. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03105424v1>
- Sousa Dias António (2009), "Case studies in live electronic music preservation: Recasting Jorge Peixinho's

Harmónicos (1967-1986) and Sax-Blue (1984-1992)”, *Journal of Science and Technology of the Arts*. <https://doi.org/10.7559/citarj.v1i1.11>

Sousa Dias António (2011), “Musique électronique « live » et « recasting » : Trois cas d’étude”, *Revue Francophone Informatique et Musique*, no. 1. <https://doi.org/10.56698/rfim.137>

Sousa Dias António, Ferreira José Luís (2013), “Jean-Claude Risset’s “Inharmonique” (1977): recast and a real time version proposal”, *Electroacoustic Music in the context of interactive approaches and networks*, EMS13, Lisboa. <http://www.ems-network.org/ems13/EMS13Abstracts.html>

Svidzinski João (2018), *Modélisation orientée objet-opératoire pour l’analyse et la composition du répertoire musical numérique*, thèse de doctorat, Université Paris VIII – Vincennes-Saint- Denis. <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-02045765>

Van Ransbeeck Samuel, Perrota André, Sousa Dias António, Lourenço Sofia, Ferreira Lopes Paulo (2012), “Jean-Claude Risset’s Duet for one pianist: The 2012 version ”, *The Interactive Keyboard Symposium*, Goldsmiths University of London, 9-11 novembre 2012.

## Notes\_\_

1 La partition et la bande originales sont préservées et disponibles à l'IRCAM et au archives Risset au laboratoire PRISM, Marseille.

2 Voir le livret en ligne <https://archive.org/details/an-introductory-catalogue-of-computer-synthesized-sounds/page/n77/mode/2up>

3 <https://github.com/CICM-research-composition/Inharmonique>

4 Note de programme <https://brahms.ircam.fr/en/works/work/21346/>

## Citation\_\_

Alain Bonardi, Joao Svidzinski et António de Sousa Dias, «Création et développement de la version interactive et temps réel d’*Inharmonique* (1977) de Jean-Claude Risset», *Revue Francophone d’Informatique et Musique* [En ligne], Numéros, n° 9 - Inharmonique (1977) de Jean-Claude Risset : création, ré-création et avenir, mis à jour le : 25/10/2023, URL : <https://revues.mshparisnord.fr:443/rfim/index.php?id=664>.

## Auteur\_\_

Quelques mots à propos de : [Alain Bonardi](#)

CICM, Laboratoire MUSIDANSE, Université Paris 8, <https://orcid.org/0000-0001-7647-8156>, [alain.bonardi@univ-paris8.fr](mailto:alain.bonardi@univ-paris8.fr)

Quelques mots à propos de : [Joao Svidzinski](#)

CICM, Laboratoire MUSIDANSE, Université Paris 8, [svdzinski@gmail.com](mailto:svdzinski@gmail.com)

Quelques mots à propos de : [António de Sousa Dias](#)

Faculdade de Belas-Artes, Universidade de Lisboa, <https://orcid.org/0000-0001-5096-7795>,

[a.sousadias@belasartes.ulisboa.pt](mailto:a.sousadias@belasartes.ulisboa.pt)

[« Article précédent](#)

[Article suivant »](#)



## Index

- [Auteur](#)
- [Traducteur](#)
- [Directeur de la publication](#)
  
- [Index de mots-clés](#)
- [Index by keyword](#)

**ISSN: 2778-4479**

## Numéros

- [n° 9 - Inharmonique \(1977\) de Jean-Claude Risset : création, ré-création et avenir](#)
- [n° 7-8 - Culture du code](#)
- [n° 6 - Techniques et m ethodes innovantes pour l'enseignement de la musique et du traitement de signal](#)
- [n° 5 - Informatique et musique : Recherche et Création 1](#)
- [n° 4 - Techniques et pratiques du studio audio](#)
- [n° 3 - Pratiques électroacoustiques et dispositifs numériques](#)
- [n° 2 - Préservation des œuvres utilisant les technologies numériques](#)
- [n° 1 - Revue Francophone d'Informatique Musicale](#)

## Présentation

- [  propos de la RFIM](#)
- [Comité scientifique](#)
- [Comité de lecture](#)
- [Politiques de publication et cession de droits](#)
- [Charte  ditoriale](#)

## Appels à contributions

- [Contributions libres](#)
- [Consignes aux auteurs](#)

## Appels clos

- [Cultures du code en informatique musicale : langages de programmation, méthodologie de la création logicielle et musicale, manières de faire](#)
- [Journées d'informatique musicale 2012-2013](#)
- [Préservation des œuvres utilisant les technologies numériques](#)
- [Musiques mixtes et logiciels libres](#)
- [Recherche-création en informatique et création musicale](#)

## Informations

- [Contact](#)
- [Liste de diffusion](#)

## Partenaires



## Syndication

- [Documents](#)

[Revue Francophone Informatique et Musique](#)

[Contact](#) | [Plan du site](#) | [Portail des revues de la MSH Paris Nord](#)

[Edité par Lodel](#) | [Accès réservé](#) | ISSN 2261-8589

Revue hébergée et soutenue par la [Maison des Sciences de l'Homme Paris Nord](#)



La revue "RFIM" est mise à disposition selon les termes de la [Licence Creative Commons Attribution Pas d'utilisation commerciale, pas de modification, 3.0 France](#).