

Sciences de l'Information et Arts

Document de synthèse

Conseil scientifique de l'INS2I

Groupe de travail: Marie-Paule Cani, Inbar Fijalkow, Michel Beaudouin-Lafon

Avec la participation de: Gérard Assayag, Rémi Ronfard, Philippe Gaussier

1. Introduction

Alors que le numérique se répand dans toutes les sphères de notre société, son interaction avec le monde de l'art ouvre de nouvelles applications passionnantes. Nous présentons ci-dessous un panorama des collaborations entre les laboratoires de l'INS2I et le monde de l'art au sens large, regroupées selon la nature de nos contributions scientifiques. Pour mieux identifier les applications en rupture, les verrous scientifiques et les nouveaux défis posés à notre discipline, le CSI a organisé une demi-journée thématique lors de sa réunion du 15 Mai 2017, en invitant trois experts issus respectivement des domaines du "visual computing" (informatique graphique et vision par ordinateur) pour Rémi Ronfard (LJK, UMR 5224, Grenoble), de l'informatique musicale pour Gérard Assayag (STMS - UMR 9912, Paris), et de la robotique pour Philippe Gaussier (ETIS, UMR 8051, Cergy-Pontoise). Ce document de synthèse reprend et intègre ces différentes contributions, permettant de déboucher sur une identification des enjeux, des risques et d'un ensemble de préconisations concrètes.

2. Panorama des collaborations ART-STIC

Il y a de nombreuses façons pour l'informatique de collaborer avec le monde de l'art, pris au sens large. Un premier travail a été d'identifier les secteurs avec lesquels nous interagissons et la nature de nos contributions. Dans cette partie, nous nous appuyons sur une classification en quatre points pour présenter un panorama des collaborations existantes, selon qu'il s'agisse de travailler sur des **contenus préexistants** ou de contribuer à la **création de nouveaux contenus**, et, dans chacune de ces catégories, selon qu'il s'agisse de systèmes utilisés par les professionnels de l'art seuls, ou en direct, par ou devant un public.

Les partenaires des collaborations évoquées ci-dessous vont des chercheurs en histoire de l'art, des musées et d'autres organismes de médiation scientifique aux artistes et créateurs eux-mêmes dans les domaines des beaux-arts, du cinéma, de la musique ou du spectacle vivant (danse, opéra...).

2.1 Travail sur des contenus préexistants

Secteur des partenaires du monde de l'art : Chercheurs en histoire de l'art, Conservateurs (physico-chimistes), Musées, Organismes de médiation culturelle.

Nature des contributions des laboratoires INS2I : Conservation, aide à la restauration et médiation pour l'art et le patrimoine culturel : Il s'agit d'aider à l'analyse et à la conservation d'œuvres

existantes (numérisation, restauration, reconstruction, indexation,...), et/ou d'aider à leur présentation au public (musées virtuels, interactifs ou augmentés).

Structuration : Ce domaine est largement structuré en région parisienne par le Labex *PATRIMA* dont les partenaires sont la fondation des sciences du patrimoine, l'Université Cergy-Pontoise, l'Université de Versailles Saint Quentin, des laboratoires du ministère de la culture (C2RMF, CRC, IPANEMA) et des instituts patrimoniaux (Louvre, Quai Branly, Château de Versailles, BNF, ...). Le réseau Ile-de-France (DIM) « matériaux anciens et patrimoniaux » vient d'être lancé en mars 2017 pour renforcer cette dynamique (contact : Dan Vodislav d'ETIS pour les sciences informatiques). De nombreux autres projets ont lieu en France, comme par exemple l'ANR eRoma (LIRIS Lyon, LJK Grenoble, Musée Fourvière Lyon, U. Paris Sorbonne).

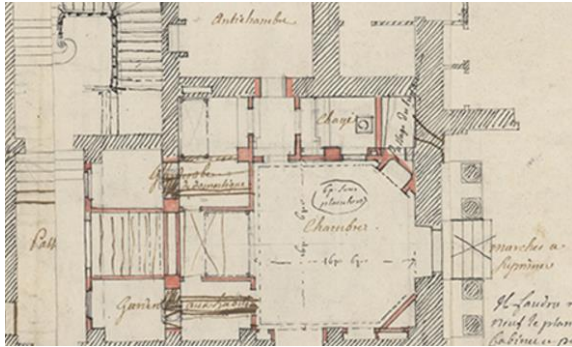
Moyens matériels: Ils sont nombreux. A titre d'exemples, nous pouvons citer la plateforme de numérisation *ExRealis* d'ICUBE (Strasbourg), l'équipe-plateforme de réalité virtuelle *Immersion* (IRISA, Rennes), ou l'équipEx PATRIMEX pour l'imagerie laser et les bases de données.

A. Conservation, restauration, indexation des œuvres

Les recherches en informatique portent sur la numérisation 2D et 3D non invasive (tomographie, rayons X, ultrasons, scanners 3D etc), le traitement d'images [CEPS17], de vidéos, la reconstruction 3D, l'indexation dans des bases de données ou des ontologies, et l'analyse de données massives (avec un volet apprentissage statistique), l'amélioration des méthodes nécessaires pour mener à bien ces projets « en taille réelle » conduisent régulièrement à des publications, par exemple dans le domaine du traitement de données 3D issues de scanner [HDC17].

Quelques exemples:

- Utilisation de l'imagerie acoustique pour comprendre l'altération des marbres du jardin du château de Versailles (SATIE) ;
- Numérisation d'objets ethnographiques (coupes rituelles, masques, statuettes Dogon du Mali) à des fins éducatives (ICUBE) ;
- Numérisation et/ou restauration virtuelle de statues de la cathédrale de Strasbourg (ICUBE) à Paris et au musée Fourvières de Lyon (projets ANR Art3D, Eros3D, et actuellement eRoma, LIRIS Lyon).
- Reconstruction 3D à partir de plans et de mesures (projet VERSPERA, ETIS), ou par vision par ordinateur (projet POMPEI, DI ENS Paris).
- Analyse et classification par apprentissage statistique de documents écrits médiévaux (GREYC, LITIS, ETIS, LABRI), décryptage des lettres de Marie-Antoinette (projet REX, ETIS).
- Création d'une base de données patrimoniale annotée et ouverte (ETIS, EquipEx PATRIMEX) ; recherche par le contenu visuel dans des bases de données patrimoniales (ANR Culture3DCloud, ETIS).
- Logiciel Lignes de Temps (IRI / Centre Pompidou) pour l'analyse cinématographique.



Projet Vespera : ETIS



Projet Pompéi, DI ENS

B. Médiation culturelle

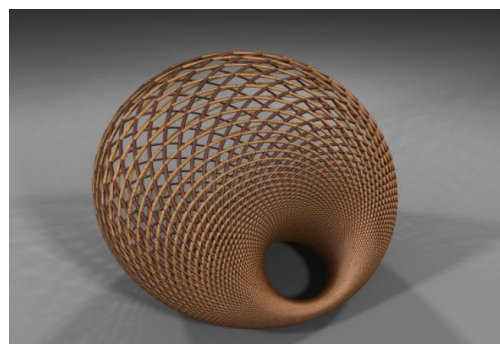
Nos contributions scientifiques portent sur l'amélioration de techniques de réalité virtuelle ou augmentée pour la création et la navigation dans des musées virtuels, et sur la création de nouveaux contenus interactifs ou animés, venant compléter les œuvres brutes disponibles dans les musées traditionnels. Les publications portent sur les nouvelles techniques de création de contenus, d'interaction et d'immersion, par exemple musicale [SNG14].

Quelques exemples:

- Apprentissage du sens esthétique par le robot Berenson (ETIS et musée du Quai Branly) [VG14].
- Animation 3D de statues et bas-reliefs (ANR eRoma, LIRIS, LJK, Université Paris-Sorbonne, Musée Gallo-Romain de Lyon Fourvière).
- Mathématiques artistiques, génération d'images et d'impressions 3D (CRISTAL, Lille).
- Visite en réalité virtuelle de l'histoire de la musique (JMS 2016, équipe Hybrid, Irisa et équipe-plateforme Immersia, Rennes, équipe "Arts : pratiques et poétiques" de l'Université de Rennes 2).



Visite en RV de l'histoire de la musique, Immersia, Irisa



Cyclide de Dupin, CRISTAL

2.2 Création de nouveaux contenus artistiques

Secteurs des partenaires du monde de l'art : Beaux-arts (dessin, peinture, sculpture...), Musique, Cinéma, Spectacle vivant (danse, opéra...).

Nature des contributions des laboratoires d'INS2I : Nos laboratoires contribuent à la création de nouvelles œuvres soit via la conception de systèmes d'aide à la création pour les médias traditionnels, soit en co-concevant avec les artistes de nouveaux média destinés à servir de support à de nouveaux types d'œuvres, comme par exemple des spectacles mêlant des éléments réel et virtuels.

Structuration du secteur et moyens : Le financement direct de certains laboratoires par le ministère de la culture, comme l'IRCAM à Paris ou ACROE-ICA à Grenoble, favorise la structuration de ce secteur, en particulier grâce au financement d'artistes en résidence. Une initiative d'Inria, le groupe « Inriart » a tenté de structurer ce domaine de 2012 à 2016, mais n'a pas été reconduite. La Diagonale Paris-Saclay finance des projets arts-science et organise le festival annuel Curiositas. De nombreuses autres initiatives art-sciences sont confrontées à l'absence de moyens ou au manque de cohérence dans le temps entre les moyens obtenus par les parties informatiques et SHS/Art des projets.

C. Aide à la création de contenus artistiques traditionnels

Les systèmes d'aide à la création de nouvelles œuvres pour les médias traditionnels peuvent relever de recherches en informatique musicale, en informatique graphique (dessin, sculpture) [SCC13, SCV16, CDT16, MVH17], en animation par ordinateur [BRB14], ou en traitement d'images et de vidéo en ce qui concerne la création théâtrale [RES15, KGR17]. Ici, le dispositif numérique mis en place peut changer les pratiques des professionnels, mais ne fait pas partie de l'œuvre lors de sa présentation.

Quelques exemples

- Aide à la conception cartographique, à partir de sources d'inspiration artistiques (peintures, mouvements artistiques, cartes anciennes). (ANR MapStyle, LJK, IGN/, LaSTIG, IRIT/)
- Systèmes de sculpture virtuelle (LIRIS et LJK)
- Outils d'aide à la composition musicale (IRCAM)
- Aide à l'animation de personnages virtuels expressifs (LJK)
- Aide à la cinématographie 3D via un système de prévisualisation de l'effet de profondeur des caméras 3D (LJK),
- Captation et indexation de répétitions de théâtre pour l'aide à la mise en scène (projets Scenoptic et ANR Spectacles-en-ligne, LJK, théâtre des Celestins à Lyon, LIRIS, CERILAC)



Spectacles en ligne (LJK, CERILAC, LIRIS)



Sculpture virtuelle (LIRIS et LJK)

D. Création de nouveaux média pour l'expression artistique

Le dispositif numérique fait ici partie intégrante de l'œuvre, ouvrant la place à des œuvres interactives, interagissant en temps-réel avec les artistes et/ou avec le public. Les recherches portent sur la captation de mouvements collectifs ou individuels, la reconnaissance de son ou du mouvement en temps-réel, sur l'interaction (IHM), et sur la création ou la sélection de contenus, à la volée, que ce soient des sons, des images 2D ou 3D animées ou des mouvements de robots souples. Les publications peuvent être soit dans des revues techniques [PC15], soit également dans des revues d'art-science comme *Leonardo* (MIP Press) [BGC17].

Quelques exemples :

- Systèmes de co-crédation musicale artistique et numérique par improvisation croisée (IRCAM)
- Installation artistique participative « la mer est mon miroir » mettant en place un système de réalité virtuelle contrôlé en temps-réel par l'imagerie cérébrale, pour produire un océan virtuel reflétant les émotions du participant (Lab-STICC et SPECULAIRE).
- Installations interactives de réalité augmentée pour les spectacles vivants, ANR INGREDIBLE (Lab-Stic Brest), Gardien du temple (LIMSI, LadHyX, Laboratoire Victor Vérité), Vera Iconica (LIMSI et Laboratoire Victor Vérité). D'autres projets sont en cours de montage au LIMSI et à l'ISIR sur l'intégration d'acteurs virtuels et de visages parlants dans différents types de spectacles.
- Danse, vidéo et réalité augmentée interactives sont explorés dans les projets SKIN, Radical Choregraphie RCO, et Ergonomics (UPSUD, LRI). Les recherches portent sur l'interaction basée sur l'analyse de mouvement. Robotique interactive dans les spectacles de Blanca Li, « robot » en 2015.
- Le projet Opera ID de Cristal combine réalité virtuelle et musique, avec l'interaction avec un personnage virtuel chantant (recherche en captation de mouvement et en informatique graphique). Projet similaire au Lab-STICC de Brest dans le cadre des percussions corporelles.
- Un média pour la création et l'exploration en réalité virtuelle de dessins 3D a été créé au CRISTAL avec une artiste plasticienne. Les recherches portent sur l'interaction réel-virtuel.
- D'autres média de type dessin ou sculpture permettent la création d'œuvres d'art numériques animées, comme celles réalisées au XLIM (Poitiers), dans le projet « matière de l'image » [ARL17].
- D'autres œuvres d'art animées prennent la forme de robots souples, grâce aux recherches en simulation, contrôle fabrication 3D et interaction au laboratoire CRISTAL.



La mer est mon miroir, lab-Sticc, et RCO, LRI.

Dessin 3D et robots souples, CRISTAL

3. Diffusion des recherches

La plupart des collaborations art/informatique citées conduisent à des contributions scientifiques de bonne facture dans les domaines de recherche des scientifiques partenaires. La publication se fait dans les revues et conférences majeures de ces domaines, par exemple CHI en IHM ou SIGGRAPH en informatique graphique.

En complément, un certain nombre de conférences ou de numéros spéciaux de journaux, sont plus particulièrement dédiés à la présentation de collaboration Art/sciences. Ils sont plus propices aux publications pour lesquelles l'accent est mis sur une nouvelle application ou un média innovant utilisant l'état de l'art du domaine scientifique. Par exemple, dans le domaine du traitement du signal et des images, on peut citer :

- le numéro special « signal processing for art investigation » de IEEE Signal Processing Magazine en 2015.
- La session spéciale « traitement du signal et des images pour l'art et le patrimoine » au colloque national GRETSI 2015
- La journée « Traitement du signal et des images pour l'art et le patrimoine » du GDR ISIS en Mai 2016
- La special issue on « image processing for cultural heritage », journal of electronic imaging 2017,

Dans les domaines de l'informatique graphique, de la visualisation et de la réalité virtuelle (GDR IGRV), les revues et conférences les plus orientées art/sciences sont :

- Le colloque annuel “Expressive” (ACM SIGGRAPH - Eurographics) regroupant les conférences NPAR (rendu et animation non photo réalistes), SBIM (sketch-based interfaces and modeling), et CAe (Computational Aesthetics)
- La conférence « Cultural Héritage” et le journal de l'ACM du même nom, ainsi que le « workshop on Graphics and Cultural Heritage » d'Eurographics.
- La revue Art/science « Leonardo » dont les publications sont présentées sous forme de « Art papers » lors de la conférence d'informatique graphique « Siggraph », permet la publications d'articles orientés vers la contribution artistique.

Notons que dans le domaine de l'informatique musicale, il n'y a pas lieu de faire la distinction entre conférences ou journaux majeurs du domaine et ceux spécialisées sur les applications artistiques. On peut citer :

- SMC Sound and Music Computing,
- JMM, The Journal of Mathematics and Music
- CMC, Computer Music Conference
- MCM, Mathematics and Computation in Music Conference

Voir la bibliographie à la fin de ce rapport pour quelques exemples de publications.

4. Avancées majeures et sujets en rupture

Lors de la séance du conseil INS2I du 15 Mai 2017, trois intervenants ont présenté des exemples d'avancées récentes, ainsi que leur vision des grands défis et des sujets en rupture : Rémi Ronfard (LJK, informatique et arts visuels: cinéma, théâtre), Gérard Assayag (IRCAM, informatique et musique), et Philippe Gaussier (ETIS, IA, robotique et modélisation du sens esthétique). Nous synthétisons ci-dessous ces réflexions, qui mettent en évidence des enjeux transversaux pour notre discipline.

4.1 Arts visuels

Les points fondamentaux sont la numérisation de la chaîne de production cinématographique ainsi que la convergence entre cinéma et spectacle vivant, avec l'émergence de nouveaux types de média pour lesquels il s'agit d'orchestrer les interactions entre acteurs réel et numériques :

- Le cinéma d'animation 3D est déjà un nouveau média art-science créé depuis 30 ans ; pour le cinéma traditionnel, les effets spéciaux à base numérique ont maintenant très largement pris le pas sur les méthodes classiques. Les recherches en informatique graphique et en édition d'images numériques sont immédiatement prises en compte et intégrées dans ces deux types de chaînes de production;
- Quel que soit le type de film, la salle de tournage est maintenant une salle informatique, ouvrant la porte à de nombreuses avancées dans les domaines de l'aide au cadrage et au montage : des outils en cours de développement sont dédiés à faciliter le contrôle des nouvelles caméras 3D en simulant la sensation de profondeur offerte au spectateur ; d'autres automatisent le recadrage et proposent des montages semi-automatiques ce qui permettra à court terme d'automatiser la création d'un film à partir d'un spectacle vivant.
- Les progrès récents en apprentissage statistique pour la synthèse de visages parlants permettront à court terme de doubler de manière invisible les acteurs, de changer leur expression faciale, voire de les remplacer par d'autres.
- On assiste à l'émergence de dramaturgies et de spectacles vivants numériques reposant sur la synchronisation entre acteurs réels et virtuels (exemple : projection vidéo sur le masque de mannequins). L'enjeu est d'orchestrer cette synchronisation, tout en laissant une certaine marge de liberté aux acteurs. Pour d'autres médias à mi-chemin entre film et jeu vidéo, comme par exemple les films en réalité virtuelle, il s'agit de laisser le spectateur explorer tout en le guidant pour qu'il puisse découvrir la suite de l'intrigue. Ces nouveaux médias s'appuient sur une recherche conjointe en capture et analyse temps-réel de mouvements, compréhension des actions humaines visuelles motrices et linguistiques, détection d'événements, interaction, synthèse d'images temps réel et direction d'acteurs virtuels animés de manière procédurale.
- Enfin, la création même de ces nouvelles formes d'art visuel demande le développement d'outils d'aide au concepteur, généralisant ceux qui facilitent le passage du scénario au storyboard, du storyboard à l'animation et du 3D au montage : il s'agira de remplacer le scénario par de véritables partitions scéniques, et de proposer de nouveaux médias pour concevoir, pré-visualiser et finir de mettre au point ces nouveaux types de narration.

Ces sujets en rupture, qui soulèvent des enjeux artistiques et sociétaux, demandent une grande synergie des recherches dans les domaines du traitement du signal et des images, de la vision par ordinateur et de l'apprentissage, de l'IA (analyse et synthèse de comportements et des expressions faciales), de l'informatique graphique, de la réalité virtuelle et augmentée et de l'interaction homme-machine.

4.2 Informatique et musique

Si ce secteur est plus avancé que les arts visuels pour la mise en place de collaborations durables art-science, il connaît le même développement rapide vers plus d'interactivité, de jeu et d'improvisation conjointe entre musiciens réels et virtuels. Ici, le besoin d'aide à la création et d'exécution de nouveaux types de partitions ont donné lieu à des recherches qui irradient toutes les strates des sciences numériques, des modèles mathématiques et symboliques à l'apprentissage statistique et de la logique aux langages de programmation dédiés pour le temps-réel :

- Les représentations du son vont du bas niveau (signal) aux représentations symboliques et sémantiques. Faire communiquer ou hybrider ces différents types de représentations devient en enjeu majeur pour la création musicale. De même, les représentations du temps en musique, vont, comme en informatique, du temps discret (pulsation) au temps continu (signal). Ainsi, une création musicale peut être vue comme la définition d'une trajectoire (temporelle) dans une matrice de « matériaux » sans signification temporelle. De nombreuses recherches en informatique musicale portent sur les systèmes d'aide à la création, en lien avec les domaines de la sémiotique, de l'esthétique, de la linguistique (dont sont issues les notions de structures profondes et de surface), de cognition (représentations symboliques et sub-symboliques).
- Permettre à un système numérique de jouer une partition prédéfinie avec des musiciens réels impose un effort de recherche important sur la boucle analyse-synthèse : il s'agit d'analyser le signal, pour se resynchroniser et adapter la tonalité si nécessaire en fonction du jeu réel.
- Plus ambitieux, des systèmes émergents d'open-music s'attaquent au problème de la co-création d'une œuvre. Ici, il n'y a pas de partition à suivre pour le système informatique, mais éventuellement un apprentissage préalable à partir d'exemples - comme par exemple l'apprentissage des standards du jazz. Pendant la séance de co-création, il s'agit d'analyser le signal sonore produit par le musicien réel et parfois d'interpréter ses gestes, d'identifier les structures de haut niveau pour interagir en temps-réel via la production de nouvelles structures symboliques spatiales et temporelles – tenant compte des aspects harmonie et mélodie, elles-mêmes donnant lieu à un son numérique. La programmation de tels systèmes passe par des modèles d'apprentissages, par exemple Bayésiens, et par de l'informatique réactive, synchrone ou asynchrone. L'un des enjeux est de modifier la mémoire du système artificiel pour tenir compte des données apprises, mais aussi de ce qui vient ou est en train d'être joué.
- La création musicale peut devenir massive et distribuée grâce aux objets intelligents détenus par les spectateurs comme leurs téléphones portables.

4.3 L'IA et la médiation artistique

Des recherches récentes en robotique cognitive se sont attaquées à la création d'une « esthétique artificielle », comme dans l'exemple du robot français *Bergson*, testé en interaction avec des visiteurs au Musée du quai Branly. Si un robot « visiteur de musée » ne semble pas avoir d'utilité économique directe, il constitue un outil pour redistribuer l'attention des visiteurs, les questionner sur notre propre appréciation des œuvres et représente une installation artistique en soi, interactive et très attractive pour le public, [KGV13] [VG14].

Lorsqu'elle se focalise sur le cerveau, l'intelligence artificielle tend à oublier le social. Cette dimension a cependant une grande importance dans l'émergence du sens esthétique. Ainsi, le robot *Berenson* a été doté des capacités d'apprendre et de développer progressivement des compétences en jugement esthétique en observant le visage des visiteurs du musée. Le robot est muni de mécanismes permettant de suivre les regards, de reconnaître et d'imiter les expressions du visage, ce qui lui permet à la fois d'apprendre et de communiquer.

5. Synthèse et Préconisations

Le monde de l'art constitue un **terrain d'expérimentation extrêmement riche** pour les recherches en informatique. Ces collaborations revêtent également un fort enjeu sociétal, à la fois en ce qui concerne la conservation et la présentation au public du patrimoine artistique que lorsqu'il s'agit de favoriser l'émergence de nouvelles formes d'art. Les exemples que nous avons décrits permettent de faire émerger un certain nombre de **défis majeurs pour notre discipline** dans des domaines variés, de l'analyse de données multimodales massive à la création graphique 3D et la réalité virtuelle ou augmentée, et de la capture et reconnaissance des signaux humains, aux langages réactifs et à l'IA.

Quatre manières de collaborer

Comme c'est le cas pour l'ensemble de nos interactions avec les sciences humaines, il existe quatre manières pour des chercheurs en informatique d'interagir avec le monde de l'art :

- 1) **l'ingénierie au service de l'art** : nous agissons dans ce cas comme des "techniciens", par exemple en permettant l'utilisation de nos plateformes de numérisation et en offrant nos compétences en reconstruction géométrique pour numériser des statues ;
- 2) **l'art au service de l'ingénierie** : l'art peut servir de justification pour des recherches en informatique, permettant de motiver dans une publication et d'illustrer nos travaux sur de nouvelles méthodes d'analyse de données, de nouveaux mécanismes d'interaction ou d'immersion, des algorithmes de sculpture numérique ou des méthodes d'apprentissage originales;
- 3) **la convergence d'enjeux artistiques et scientifiques** : certains projets permettent de faire avancer les recherches dans les deux domaines à la fois, comme ceux qui combinent histoire de l'art et animation graphique, ou certains projets de médiation permettant de défendre un point de vue sur les sciences et notre société.
- 4) **la fertilisation croisée entre art et sciences**. Les avancées dans nos domaines peuvent conduire à l'émergence de nouvelles formes d'art, mises en place conjointement avec des artistes ; et réciproquement, le questionnement de l'artiste peut permettre de reformuler

certaines de nos problèmes "classiques" tout en élargissant le cadre (par exemple, les impressionnistes et la perception visuelle nous questionnent : avons-nous besoin des contours pour percevoir un objet ?).

Risques

- **Etre considérés comme de prestataires au service de l'art :** Si les projets de type 1) peuvent servir de démonstrateurs d'un savoir-faire, et éventuellement nourrir un premier contact débouchant ensuite sur des collaborations plus équilibrées, ils ne sont pas à encourager sur le long terme, en particulier s'ils demandent un investissement en ressources humaines de notre part sans conduire à de nouvelles recherches en informatique : il y aurait le risque à terme que nos laboratoires de recherche soient utilisés comme des prestataires de service à bas coût. Une suggestion est d'orienter les chercheurs impliqués régulièrement dans ce type de partenariat vers des cellules de valorisation et transfert.
- **Faire des recherches isolées, sans que le monde artistique n'en bénéficie réellement:** Les projets de type 2) sont extrêmement nombreux, car ils peuvent être couverts par les financements classiques des laboratoires et sont facilement valorisables sous forme de publications. Cependant, malgré la bonne volonté des chercheurs, si une application artistique sert d'alibi sans contact préalable avec des artistes, la collaboration voit rarement le jour une fois la publication parue. Les raisons sont le manque de temps pour démarcher des partenaires d'autres domaines alors que ce n'est plus une priorité, et de financement pour transférer les résultats des recherches sous la forme de systèmes exploitables par le monde de l'art.
- **Ne pas réussir à obtenir de financement synchronisé :** si les projets de type 3) et 4) sont les plus fructueux pour les deux communautés, leur principal frein est la difficulté à obtenir des financements synchronisés dans le temps pour les partenaires artistiques et informatiques. Par exemple, un artiste ayant obtenu une résidence d'un an ne pourra pas travailler de manière fructueuse si – outre les chercheurs responsables – un ingénieur n'est pas financé pour réaliser les développements nécessaires. La difficulté est encore accrue lorsque la collaboration demande le suivi dans le temps d'une installation pour assurer son fonctionnement et analyser son impact sur le public. Comme souvent, le principal écueil n'est pas tant le financement du matériel nécessaire que celui des intervenants.
- **L'aspect 'hors cadre' et en particulier, la difficulté de validation des recherches :** Il n'est pas toujours facile de prédire quelle science "sérieuse" peut ressortir d'une collaboration art-informatique, ni de faire déboucher ces recherches sur des publications. Lorsque l'avancée scientifique consiste à développer un média totalement nouveau pour l'expression artistique, comme par exemple pour un projet de type 4, comment valider ces recherches ? Plusieurs des collaborations citées sont confrontées à cet écueil.

Préconisations concrètes

- **Soutenir les collaborations art science :** Nous tenons à rappeler l'importance de la création artistique pour nos sociétés. Encourager ce type de collaborations entre dans notre mission en

tant qu'institut de recherche au même titre qu'en ce qui concerne les missions de valorisation et transfert, qui irriguent d'autres secteurs. Si collaborer avec le monde de l'art tout en sortant des sentiers battus présente de véritables risques scientifiques, il y a aussi potentiellement de grands gains. Les artistes repoussent les limites de la technologie, notamment informatique, et se l'approprient de façon inattendue, ce qui fournit des sources intéressantes de problèmes et de questions de recherche. Le CNRS se doit d'encourager les chercheurs à favoriser les recherches scientifiques à risque par rapport, par exemple, à la prestation de service.

- **Tenir compte de leur transversalité en informatique :** Il serait très profitable d'offrir des lieux et des occasions de rencontre transversaux aux sous-disciplines informatiques (comme par exemple une journée « arts et informatique »), de manière à favoriser la fertilisation croisée. Cela permettrait par exemple aux avancées récentes en musique, comme les partitions interactives et leurs nouveaux langages, les systèmes d'aide à la création, d'irradier les recherches de nature similaire dans le domaine des arts visuels, qui s'attaquent aux partitions scéniques et aux systèmes d'aide à la mise en scène. Cela permettrait aussi de travailler conjointement sur de nouveaux défis comme la créativité computationnelle, et la co-créativité, qui reposent sur le fait de capter et comprendre les signaux humains, et de combiner connaissances à priori, apprentissage et transfert de style, en tenant compte de la structure temporelle multi-échelle d'une œuvre et la mise en œuvre multimodale de ces principes.
- **Mettre en place des appels à projet interdisciplinaires :** La mission interdisciplinaire du CNRS peut jouer un rôle déterminant pour permettre des financements synchronisés des deux communautés, en ouvrant des défis orientés art et sciences de l'information sur deux ou trois ans. Les financements interdisciplinaires classiques devront cependant être complétés en termes de personnel ou synchronisés avec d'autres sources pour permettre, par exemple, le suivi et l'analyse d'une installation dans un musée grâce à l'embauche d'un ingénieur polyvalent, ou la présence d'un artiste en résidence pendant le temps du projet.

8. Références

(cette liste donne quelques exemples de publications faisant suite à des projets Art/Informatique. Elle n'est pas destinée à être exhaustive, mais à témoigner de la diversité des contributions scientifiques amenées par les collaborations de l'informatique avec le monde de l'art)

[AKSJ15] P. Abry, A.G. Klein, W.A. Sethares, and C.R. Johnson, Jr., special issue on « signal processing for art investigation », *IEEE Signal Processing Magazine*, 2015.

[ARL17] E. Andres, L. Richaume, G. Largeteau-Skapin (2017). Digital Surface of Revolution with Hand-Drawn Generatrix. *Journal of Mathematical Imaging and Vision*. doi:10.1007/s10851-017-0708-6 2017.

[BRB14] Adela Barbulescu, Rémi Ronfard, Gérard Bailly, Georges Gagneré, and Hüseyin Cakmak (2014). Beyond basic emotions: expressive virtual actors with social attitudes. *Motion in Games*, 2014.

[BGSA15] Bigo, L., Ghisi, D., Spicher, A., Andreatta, M. "Representation of Musical Structures and Processes in Simplicial Chord Spaces", *Computer Music Journal*, 39(3):11-27, 2015 [hal-01263299]

[BGC15] Panagiotis-Alexandros Bokaris, Michele Gouiffès, Véronique Caye, Jean-Marc Chomaz, and Christian Jacquemin (2015). Gardien du Temple: concealment and revelation. An interactive installation involving poetry, performance and spatial augmented reality. *Leonardo*, 2015.

[BNCB17] Dimitri Bouche, Jérôme Nika, Alex Chechile, Jean Bresson. Computer-aided Composition of Musical Processes. *Journal of New Music Research*, Taylor & Francis (Routledge), 2017, 46 (1).

[CEPS17] A. Chetouani, R. Erdmann, D. Picard, F. Stanco, special issue on « image processing for cultural heritage », *journal of electronic imaging* 2017.

[CDT16] Christophe S., Dumenieu B., Turbet J., Hoarau C., Mellado N., Ory J., Loi H., Masse A., Arbelot B., Vergne R., Brédif M., Hurtut T., Thollot J., Vanderhaeghe D. (2016). Map Style Formalization: Rendering Techniques Extension for Cartography. *Expressive 2016*, May 2016, Lisbonne, Portugal.

[HDC17] A. Hamdi-Cherif, J. Digne, R. Chaine (2017). Super-resolution of Point Set Surfaces using Local Similarities. *Computer Graphics Forum*, 2017.

[KGR17] Moneish Kumar, Vineet Gandhi, Rémi Ronfard, Michael Gleicher (2017). Zooming On All Actors: Automatic Focus+Context Split Screen Video Generation. *Computer Graphics Forum*, Wiley, April 2017.

[KGV13] Karaouzene, A., Gaussier, P., & Vidal, D., A robot to study the development of artwork appreciation through social interactions. *Third IEEE ICDL-Epirob Conference on Development and Learning and Epigenetic Robotics*, 2013.

[MVH17] Mellado N., Vanderhaeghe D., Hoarau C., Christophe S., Brédif M., Barthe L. (2017) Constrained Palette-Space Exploration, *ACM Transaction on Graphics* (Siggraph 2017).

[NCA17] Jérôme Nika, Marc Chemillier, Gérard Assayag. ImproteK: introducing scenarios into human-computer music improvisation. *ACM Computers in Entertainment*, 2017, . <hal-01380163>

[PC15] Parenthoen M., Catala , L. (2015). The sea is your mirror. *ACM Motion in Games conference*. 2015.

[RES15] Rémi Ronfard, Benoit Encelle, Nicolas Sauret, Pierre-Antoine Champin, Thomas Steiner, Vineet Gandhi, Cyrille Migniot, Florent Thiery (2015). Capturing and Indexing Rehearsals: The Design and Usage of a Digital Archive of Performing Arts. *Digital Heritage*, Sep 2015, Grenade, Spain. (Best paper award).

[SNG14] Laurent S. R. Simon, Florian Nouviale, Ronan Gagne, Valérie Gouranton (2014) Sonic interaction with a virtual orchestra of factory machinery. *Sonic Interaction for Virtual Environments*, Mar 2014, Minneapolis, United States. pp.1-6, 2014

[SCC13] Lucian Stanculescu, Raphaëlle Chaine, Marie-Paule Cani & Karan Singh (2013). Sculpting multi-dimensional nested structures. *Computers and Graphics*, vol. 37, n°6, pp. 753-763.

[SCV16] Artur P. Sampaio, Raphaëll Chaine, Creto A. Vidal & Joaquim B. Cavalcante-Neto (2016). Temporally Coherent Sculpture of Composite Objects. *Computers and Graphics*, vol. 57 Issue C, pp. 118-127.

[VG14] D Vidal, P Gaussier, Un robot comme personne. Ontologies comparée et expérimentale au musée du quai Branly, Terrain. *Anthropologie & sciences humaines*, 152-165