



INFINITE PENDULUMS

Production 2023-2024

INFINITE PENDULUMS est l'aboutissement d'une recherche sur la corrélation de l'acoustique, de la lumière et de la gravité menée avec le LMA-CNRS depuis 2017. Cette installation met en jeu 4 pendules dans l'obscurité. Elle est pourvue d'un dispositif lumineux interagissant comme le son, avec le mouvement. La multiplication des pendules offre au public un ballet mécanique de synchronisation et désynchronisation stochastique de leurs oscillations, tandis que leurs sons génèrent dans l'empreinte acoustique du lieu d'exposition, une musique générative finement modulée par le mouvement. La lumière quant à elle, sculpte l'espace en décidant quoi illuminer ou occulter de l'installation. L'écriture narrative de l'œuvre nous plonge dans un espace-temps qui évolue par cycles, aux grés des interactions vibratoires qui la composent, à la recherche d'un équilibre écosystémique.

Premières expérimentations lumineuses vidéo ici 

direction artistique

Virgile Abela

création lumière

Arié van Egmond

modélisation et construction

Etienne Gourc

electronique et capteurs

Patrick Sanchez

Production & Expositions 2023-2025

Maison de la Tour-Le Cube, Valaurie

Station Mir - festival]interstice[, Caen

GMEM cncm, Marseille

Coopérative, Marseille

Un Singe en Hiver, Dijon

(((Interférence_s)))! au Centre Wallonie Bruxelles, Paris

Plateforme MAS - LMA-CNRS, Marseille

Descriptif détaillé du projet

L'œuvre est cinétique, sonore et lumineuse. Elle est au centre d'une grande pièce occulte et le public y déambule librement. Au départ, on distingue dans la pénombre 4 pendules presque immobiles mesurant 3 à 4 mètres de haut. Ils commencent à osciller très légèrement à hauteur d'homme, tournent autour d'eux, s'arrêtent, puis reprennent un mouvement plus régulier. Progressivement, ils s'accordent à la vitesse de leur fréquence de résonance pour donner lentement naissance à un ballet mécanique synchronisé de grande amplitude. Accrochés à des cardans, les 4 pendules se décentrent peu à peu de leurs axes d'origines pour créer des ellipses qui les désynchronisent, dévoilant une infinité cardinale de directions de leurs balancements, auxquels s'ajoutent également des rotations.

Ce ballet est lent et possède un riche vocabulaire cinétique. L'installation prend du temps pour atteindre un climax avant de décroître par la seule force de l'inertie, afin de retrouver au terme de chaque cycle un état calme et serein, avant de recommencer un nouveau cycle de synchronisation, et ainsi de suite. Ces cycles s'enchaînent comme les périodes d'une grande oscillation à l'échelle d'une journée, animée par un ensemble de modulations dynamiques dont les mouvements fluides offrent au regard des visiteurs des corps mobiles et sonores en lumière, s'autorégulant comme une danse dans la gravité.

Le dispositif lumineux a pour rôle d'éclairer l'œuvre et de découper l'espace. Choissant quoi dévoiler ou occulter de l'installation tout autant que les limites du lieu d'exposition, la lumière recherche ici à mettre également l'espace en mouvement. Des projecteurs automatisés illuminent l'ensemble et jouent avec les pendules tout autant qu'avec la perception oculaire du visiteur, venant achever la manifestation visuelle de l'œuvre. L'éclairage crée dans le temps des zones mouvantes et génère des effets de dédoublements, d'ombres portées au sol ou sur les murs, d'irisations à la surface translucide des sphères ou de fragmentations visuelles à la manière de la chronophotographie, augmentant considérablement la manifestation vibratoire d'une œuvre résolument générative.

Au centre de la pièce figure aussi un micro. Sur pied, il capte l'ambiance sonore du lieu d'exposition. Ce signal est modulé par l'ordinateur puis diffusé par les haut-parleurs installés dans chaque pendule, ainsi que dans un *subwoofer* (haut-parleur externalisant les basses fréquences). Le tout déploie un feedback (larsen) spatialisé en quadriphonie et dont les directivités sont interpolées par le mouvement naturel des pendules. L'émission cinétique du son rebondit par réflexion sur les murs, sol et plafond, conférant à l'empreinte acoustique du lieu d'exposition le rôle d'augmenter les quatre sources initiales en une multitude potentiellement infinie de points d'écoute, comme une caisse de résonance. La pièce devient alors un instrument dans lequel le visiteur est immergé. Le signal brut du larsen est traité par un programme développé pour ce projet de manière à rendre cette boucle de rétroaction à l'état de drone harmonique exploitable musicalement comme un flux, et les interactions avec les oscillations des pendules et la lumière produisent un ensemble de données destinées à créer dans le temps, les conditions d'apparition d'un paysage sonore composé dans l'instant, sans mémoire préalable.

L'ensemble des interactions mis en jeu dans l'installation résulte donc d'une rétroaction des données de positions des pendules dans le temps et l'espace, avec les paramètres utilisés par le son et la lumière que sont par exemple les seuils de fréquence, d'intensité, d'amplitude, d'intervalles, de temps, de radius, de cycles, d'apex, etc...

Le temps global de l'installation résulte quant à lui de l'écriture temporelle d'une partition cyclique dont l'œuvre interprète librement les interactions qu'elle génère, sans qu'aucun cycle ne se reproduise jamais deux fois de la même manière. Chaque installation d'*Infinite Pendulums* sera donc singulière de par le principe de fonctionnement décrit ci-dessus, combiné à la relation spécifique à l'espace physique et acoustique de chaque lieu d'exposition, que le montage devra adapter in situ.

L'approche modulaire et transdisciplinaire de ce projet propose au public un lien fertile entre art numérique, art plastique et art de la scène, par la cohabitation des espace-temps que constituent leurs disciplines (en référence au concept d'acte de création de Gilles Deleuze), dans l'expérience réelle du public au sein de l'œuvre. En effet, si nous considérons la capacité de la lumière à modeler les limites d'un espace ou d'un objet comme celle de la musique à apparaître des vibrations de l'air par excitation de la matière au fil du temps, l'horloge temporelle globale du projet est quant à elle induite par la fréquence de résonance des pendules, incarnant pour leur part, le métronome de l'œuvre, comme de sa réception : dans la vie, notre étalon de temps est la seconde. Dans cette installation, la référence temporelle du public devient celle de la fréquence variable de résonance des pendules (de 1"35 à 1"87 selon un rapport de poids/hauteur d'accroche par rapport à la gravité sur terre – 9.81 Newton/kg), dilatant la perception d'une durée objective sous l'effet hypnotique des oscillations des pendules.

En résumé, le visiteur assiste aux interrelations astrales des pendules, écoute les sons d'une musique des sphères créée en temps réel, et apprivoise un espace cinétique dessiné par l'interpolation des faisceaux lumineux. En retour, l'œuvre invite le public à rentrer en résonance avec elle dans un abandon contemplatif de son propre corps vibratoire, où Temps et Mouvement sont ici, une seule et même chose.

Production (apport numéraire, accueil en résidence) :

- [Maison de la Tour-le Cube](#), centre d'art à Valaurie
- [Station /MIR](#), producteur en art numérique à Caen
- [GMEM](#)-centre national de création musical, Marseille
- [Co-operative](#), asso de développement, production et médiation à Marseille
- [Un Singe en Hiver](#), partenariat Drac et Sacem, lieu de diffusion à Dijon

Partenariat (apport en compétence et industrie, recherche, logistique)

- [Plat. MAS LMA \(Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique\) CNRS](#) à Marseille
- [Virgile Abela](#), apport personnel en matériel

Diffusions 25-26 à titre indicatives (communication, cachet artistique et technique)

- [Interstices](#), festival d'art numérique à l'occasion du [Millénaire](#) de Caen
- [Festival Propagations](#), GMEM-centre national de création musical, Marseille
- [Maison de la Tour-le Cube](#), centre d'art à Valaurie
- [Centre Wallonie Bruxelles, festival \(\(\(interférence s\)\)\)](#), lieu de diffusion à Paris
- [Un Singe en Hiver](#), lieu de diffusion à Dijon
- [Oblique/s](#), [TRAS](#) et [HACNUM](#), réseaux nationaux de valorisation art science

Note d'intention artistique décrivant les objectifs du projet

« *Le phénomène se développe calmement, mais il est invisible et inarrêtable* »

Léon Foucault.

« *Pour moi qui ai consacré toute ma vie à la science la plus rigoureuse, l'étude de la matière, voilà tout ce que je puis vous dire des résultats de mes recherches : Il n'existe pas, à proprement parler, de matière !* »

Max Planck.

L'intention artistique d'*Infinite Pendulums* est d'offrir au public une expérience esthétique de la vibration des corps dans la pesanteur, en révélant leurs dimensions ondulatoires : 4 pendules oscillent dans la gravité et invitent le public à léviter avec eux. L'œuvre ne s'attache pas tant à montrer la matérialité objective des pendules qu'à révéler esthétiquement leurs oscillations. Elle devient alors la manifestation vibratoire d'un écosystème gravitaire rétroagissant sur lui-même pour créer les paysages visuels et sonores dévoilés au public, et dont les apparitions reposent sur l'équilibre constamment renouvelé des forces mises en jeu dans la gravité.

En écho aux théories de la relativité générale de *l'espace-temps*, de la chute des corps dans la *gravité* ou de la *dualité onde-corpuscule* en ce que toute matière peut être considérée à la fois comme une onde ou bien comme un objet, ce projet tente de faire œuvre à partir des paradoxes contre-intuitifs depuis lesquels nous construisons notre rapport ontologique, poétique ou phénoménologique, au monde.

Mais tomber peut être fatal. La gravité au sens littéraire, c'est aussi le caractère conscient ou imaginaire d'une chute littérale des corps ou de l'existence. Ce qui est grave est absolu pour celui qui le vit, relatif pour celui qui l'observe, quoique... Chute individuelle, collective, sociétale, civilisationnelle, ces mots résonnent fortement en ces temps d'incertitudes psychologiques, géopolitiques ou climatiques en quête d'équilibre. Le double sens du mot gravité représente ici une source d'inspiration initiale pour ce projet, dans la charge symbolique et poétique qu'il tire des paradoxes convoqués.

Fruit d'une recherche art-science avec la Plateforme MAS du Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique du CNRS à Marseille sur la corrélation vibratoire de la gravité avec le son et la lumière, *Infinite Pendulums* résulte d'une collaboration exigeante avec des scientifiques, techniciens et producteurs.

L'installation a également vocation à se prêter au jeu de médiations art-science auprès d'un large public quel que soit son âge ou son niveau d'éducation, car sa proposition plastique autant que sa manifestation physique est simple : 4 sphères en mouvement dans l'espace qui génèrent du son et de la lumière dans le temps.

Présentation des principaux éléments artistiques

Sculpture / robotique : Chaque Pendule est conçu avec précision selon les prérequis techniques recherchés à partir de matériaux soignés, principalement en métal, membranes, gaines et cartes électroniques. Leurs mécanismes internes sont visibles à travers une sphère en plexiglass favorable aux irisations de lumière, et offrent aux regards du visiteur « l'animalité » de sa robotique dans une esthétique évoquant l'univers de la science-fiction. Leur hauteur, diamètre d'oscillation et disposition sont modulables de manière à adapter l'installation à tous types d'espaces, à partir de 60m2.

Danse / Intelligence artificielle : Le code de mouvement de ce projet prévoit la conception d'une fluidité d'oscillation sans égale des pendules par l'implémentation d'*une boucle à verrouillage de phase* (phase-locked-loop, un contrôleur de rétroaction périodique destiné à stabiliser le comportement non-linéaire du pendule par sa mise en phase constante avec sa propre fréquence de résonance), afin de les transformer en de véritables objets auto-résonnants. Leur « chorégraphie » sera élaborée selon une IA générative capable d'écrire en temps réel les combinaisons de synchronisation ou désynchronisation des pendules, de créer phases dynamiques ou calmes dans le temps, tout autant que leur parfaite adéquation à leurs fréquences de résonance, selon la variabilité de leurs amplitudes.

Musique / acoustique : L'environnement sonore est généré par un feedback audio entre un micro dans la pièce et les haut-parleurs installés dans les pendules, auxquels s'ajoutent des enceintes basses-fréquences externalisées. Ce signal est traité en temps réel par le moteur audio du projet en 4 unités de réinjection à variables temporelles créant des timbres granulaires. Leurs spatialisations quadriphoniques en mouvement provoquent à l'écoute des effets dopplers (déformation d'une onde par le mouvement), façonnés par l'empreinte acoustique du lieu d'exposition. Les données de position issues du mouvement des pendules sont routées dans les multiples inputs d'expressions sonores du patch MSP (programme) permettant de générer des harmoniques dans une approche spectrale d'un soundscape (paysage sonore) s'apparentant à du drone électroacoustique.

Scénographie / lumière : Des projecteurs asservis (intensité, couleurs, cadre, mouvement) seront disposés autour, et entre les pendules. Ce sont eux qui dessineront une scénographie ayant pour rôle de décider quoi dévoiler ou occulter de l'installation tout en rendant relatives les limites mouvantes de l'espace. Ainsi, la salle d'exposition abandonne sa neutralité objective pour s'inviter dans l'œuvre, comme un espace devenu fictionnel au sein duquel le public sera amené à se déplacer dans les zones éclairées ou sombres. Les données du mouvement comme celles du son interagiront avec le dispositif lumineux de manière à manifester l'apparition de paysages en jouant de la persistance rétinienne du visiteur, comme en chronophotographie par exemple, ou par illusion de dédoublements de formes et jeux d'ombres portées. La colorimétrie se concentrera principalement sur les nuances de gris des noirs aux blancs de manière à conserver une cohérence esthétique avec les ombres portées, et pourra par moment être timbrée d'une couleur unique brève.

INFINITE PENDULUMS

Essais d'éclairages manuels sur un pendule comme base de travail pour la lumière

IMAGES destinées à se faire une idée de rendus possibles pour INFINITE PENDULUMS

Essais de lumières en video : <https://vimeo.com/693443278>

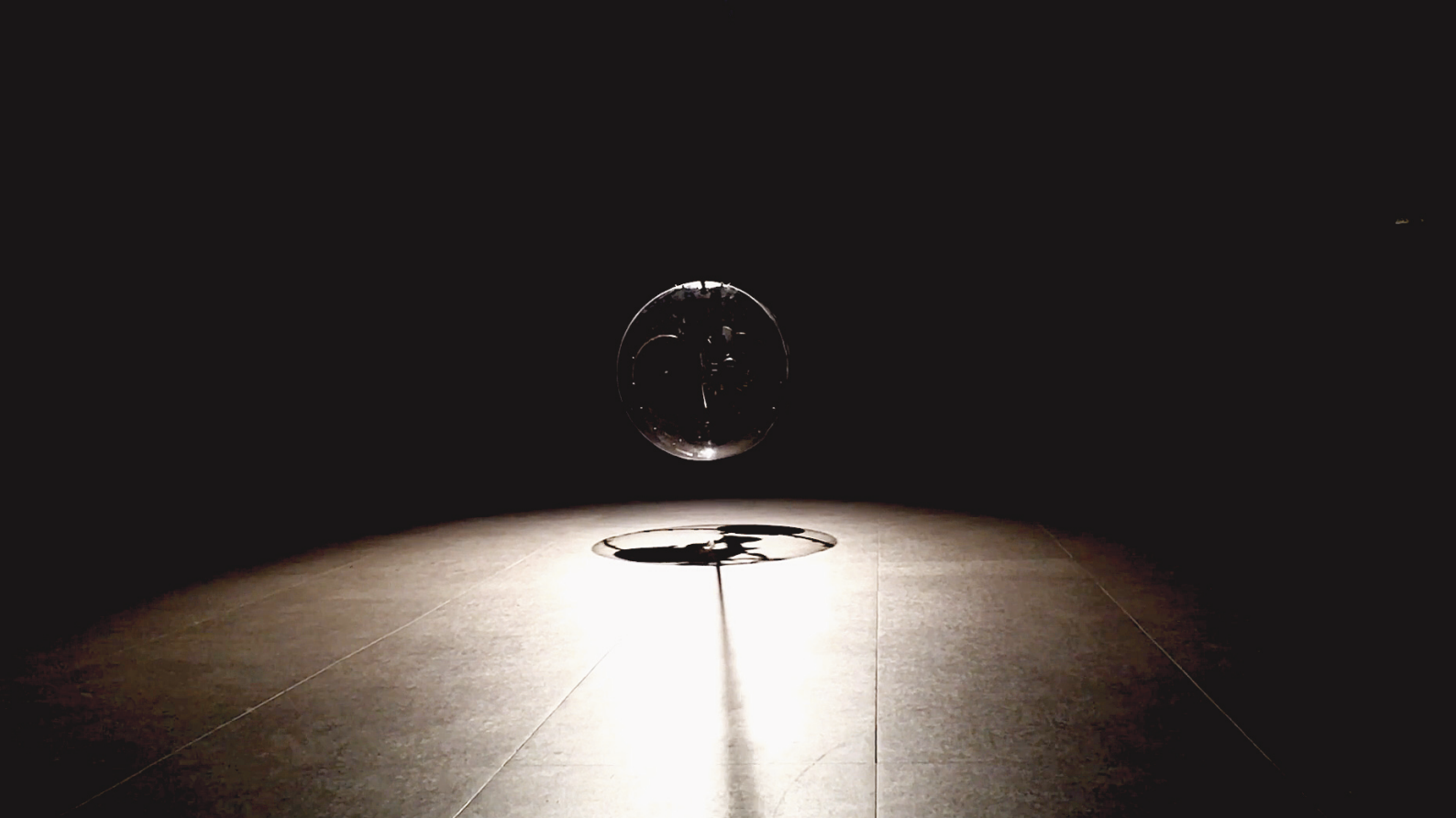
Persistance rétinienne sur le mouvement



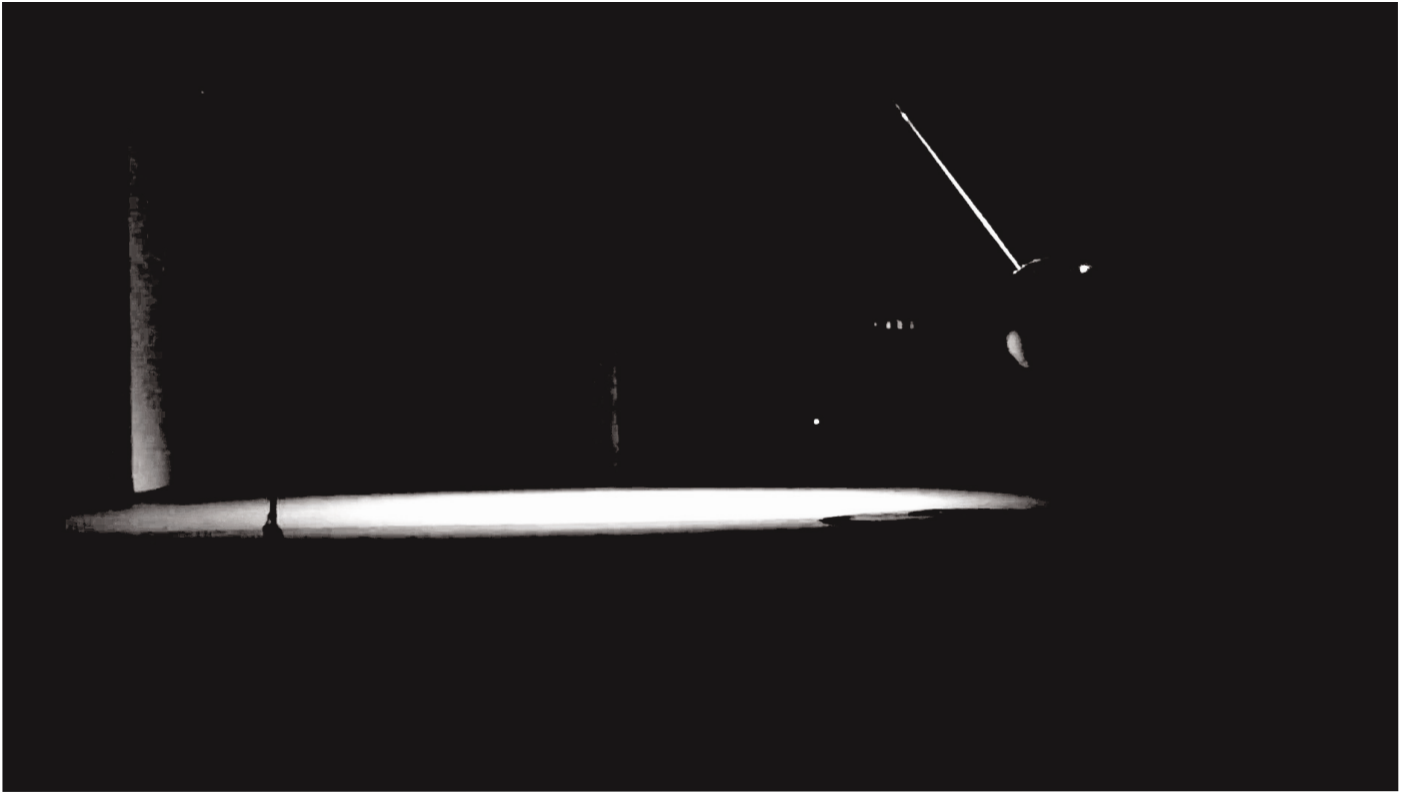
Essai de reflexion sur verre



Essais sur les ombres et reflets en noirs & blancs



Essais d'effets chronophotographiques



Le mouvement : inspirée par la poésie émanant de la recherche scientifique. Cette œuvre convoque autant son histoire (Pythagore, Newton, Foucault, Einstein, Planck), qu'une découverte récente en physique mécanique publiée en 2018 : [les boucles à verrouillage de phase](#) dans le but de rendre les pendules auto-résonants ; c'est-à-dire capables d'autodéterminer leurs mouvements en équilibre dans la gravité par l'adaptation en temps réel des variations de leurs fréquences de résonance relevées selon l'amplitude de leurs oscillations, implémentées dans l'IA développée pour ce projet. En d'autres termes, il s'agit ici d'écrire un programme qui permette à chaque pendule de gérer la variabilité de ses oscillations de manière complètement autonome, en ajustant à $n+1$ (soit 44100 fois par seconde), leur propre fréquence de résonance pour produire indéfiniment du mouvement de manière vraiment fluide. Chaque pendule étant fixé à son accroche à un cardan (système de suspension sur lequel le corps suspendu varie librement depuis la position fixe de son support), les pendules vont progressivement dévier de leurs lignes en ellipses, et ainsi augmenter leur vocabulaire cinétique. L'IA du projet contiendra également une matrice de rotation capable d'ajuster en temps réel le différentiel polaire de la sphère de chaque pendule selon l'écart impliqué par l'ellipse, de manière à toujours conserver le pendule dans son axe d'oscillation.

Le programme développé en collaboration avec Etienne Gourc et Patrick Sanchez, (ingénieurs de recherche au LMA-CNRS), sera codé en Python sur une carte Arduino Nano RP2040 doté d'une centrale inertielle, de wifi, bluetooth et d'un microcontrôleur à horloge numérique avec RAM de stockage de données. Cette carte sera le cerveau cinétique de chaque pendule et stimulera leurs mouvements à partir d'un vrai signal (sinus) et non de données (listes de vitesses coordonnées à une horloge externe). Elle émettra en OSC via wifi les données 3D des positions du pendule dans l'espace à l'ordinateur central du projet qui gèrera de son côté sur MAX l'interaction avec la lumière en DMX, et le son sur MSP. Elle recevra inversement de l'ordinateur central les données de la lumière et du son dans le but de rétroagir sur le mouvement pour motiver des ellipses. Ainsi chaque domaine du projet sera en mesure d'agir sur les autres. Le but de cet écosystème recherche à manifester esthétiquement et à plusieurs degrés de lecture, la dimension infinie des vibrations ici mises en jeu dans l'espace et dans le temps, par une partition globale dont le but est d'enchaîner des paradigmes possibles d'interactions entre les trois domaines impliqués.

Le son sera quant à lui issu d'un larsen audio entre un micro dans l'espace et les haut-parleurs installés dans chaque pendule. Le son produit sera doublement stimulé par les mouvements dans la mesure où il résultera des effets acoustiques propres à la réflexion de la pièce qui répondront aux mouvements du son dans l'espace (effet doppler), tout comme à l'indexation des données issues du mouvement vers le moteur audio du projet, basé quant à lui numériquement, sur un patch de rétroaction en 4 unités, dont les variables principales sont tirées des variations de fréquences de résonance des pendules et leurs apex. Ce patch audio développé sur MSP prévoit de disposer d'un grand nombre de modulations sonores (transformation de Fourier, synthèse granulaire, auto-sampling, jeu de filtres, saturations, delays...) destinées à créer les conditions génératives d'un paysage sonore ayant sa propre logique musicale.

La lumière sera quant à elle émise par des projecteurs automatiques pilotés en DMX depuis MAX à partir des données entrantes du son et du mouvement. Un ensemble de cas de paysages lumineux seront implémentés. Le système cherche à sélectionner des états différents selon certains critères corrélés au mouvement et au son, de manière à élaborer une narration scénographique dans le temps et l'espace. La lumière aura pour rôle de choisir quoi dévoiler ou occulter de l'installation à partir de la matrice d'oscillation, tout comme de moduler la perception des limites de l'espace dans lequel l'installation s'anime, en jouant également avec la persistance rétinienne du public.

Infinite Pendulums s'appuie sur une première étape de recherche débutée en 2017 et qui a donné lieu en 2021 à une première œuvre, Pendule Acoustique, un robot-balançoire à la lumière du jour. L'origine du mouvement y est très différente : elle est créée par une partition de données imitant un sinus traduit en mouvement pendulaire, depuis une horloge externe. L'œuvre existe désormais et a été présentée dans des événements internationaux tels que le festival]Interstice[à Caen, les biennales Sonica à Glasgow, Experimenta à Grenoble ou Le Mans Sonore. Cette première œuvre a permis de comprendre comment générer du mouvement pendulaire depuis l'immobilité.

Elle motive aujourd'hui la création d'un procédé nouveau, explorant autrement et plus loin la corrélation vibratoire de la gravité dans une interaction désormais générative des 3 domaines corrélés (mouvement, son, lumière). Outre la démultiplication des sources sonores accompagnées d'une création lumière embarquée dans un ballet mécanique inédit, la robotique du projet ainsi que sa programmation seront totalement nouvelles, et l'intention recherchée de l'œuvre sur le public, est également différente. Avec *Infinite Pendulums*, cette recherche vibratoire sur la gravité passe désormais de la sculpture à l'installation, d'un mouvement soumis à une partition de données à l'autonomie d'un écosystème auto-résonnant, d'un espace réel illuminé par le soleil à un espace fictionnel scénographié en lumière asservie, de l'expérience factuelle d'un mobile unique à un paysage poétique de *science-fiction*.

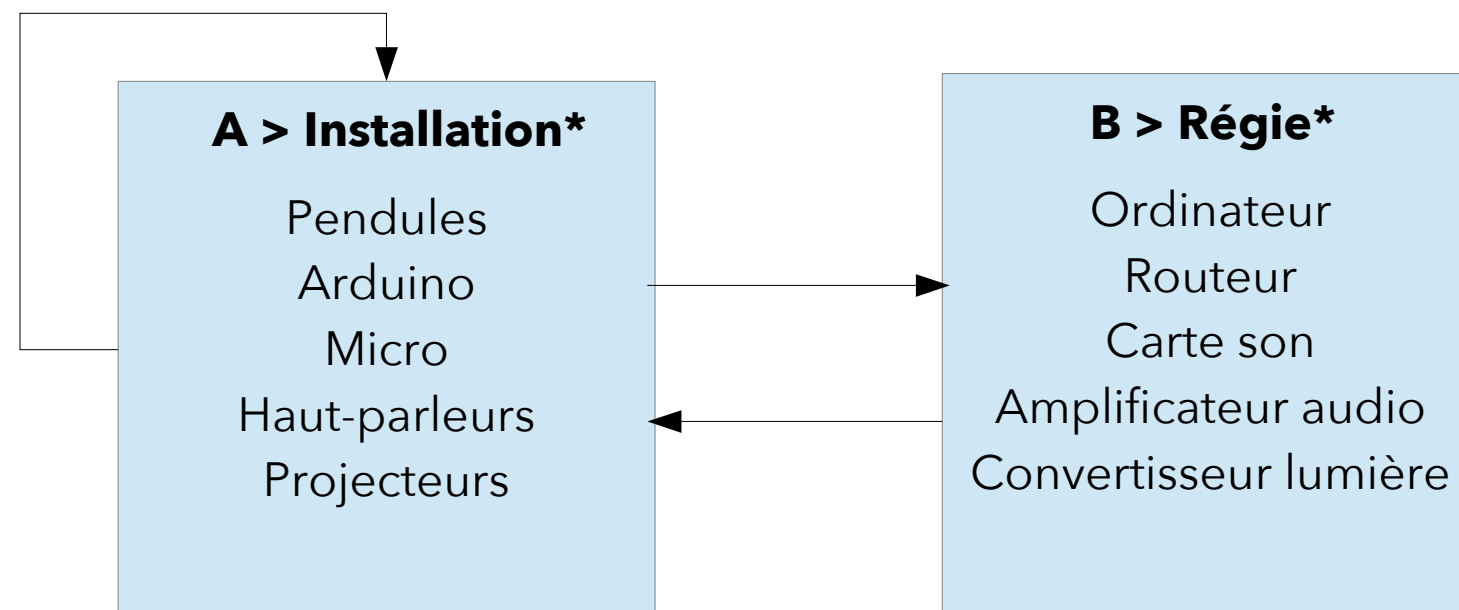
État de l'art. De nombreuses œuvres d'art numérique explorent le mouvement pendulaire telles que *Theremin Pendulum* de Gordon Monahan en 2008, faisant osciller un point lumineux sonifié par un theremin, dont Gabey Tjon a Tham en prolonge l'idée avec *Red Horizon*, une installation de 15 pendules-doubles à inertie lumineuse présentée au festival]Interstices[à Caen en mai 2023. *Pendule étrange* de Christian Delecluse, une œuvre pérenne acquise en 2023 par l'École 42 de Paris défie les lois de la gravité par électromagnétisme. En 2014, Félix Luque Sanchez crée *Clone* en détournant des expériences robotiques de laboratoire sur l'équilibre de deux pendule-doubles chaotiques. *Cycloid-E* de Cod.act couple en série jusqu'à 7 pendules sonores à roulements à billes, œuvre maintes fois primée mondialement depuis 10 ans. Elles témoignent toutes d'un intérêt manifeste pour la gravité comme sujet esthétique, mécanique, plastique, sonore ou lumineux, dans le champ de la création contemporaine.

Cette œuvre apporte sa contribution à ce champ d'exploration artistique autant par sa singularité esthétique que par les innovations réelles de ses procédés techniques dans le champ de la création numérique actuelle, valorisée par une collaboration scientifique avec le CNRS.

INFINITE PENDULUMS

Plans de l'installation et de programmation (arduino/max/msp/dmx/osc/wifi)

- 1 / Plan de l'installation (Solidworks)
- 2 / Modélisation de l'installation (blender)
- 3 / Plan de programmation des cycles temporels de l'installation (max)
- 4 / Plan simplifié du principe de rétroaction du mouvement, du son et de la lumière (max/wifi/arduino/msp/dmx)
- 5 / Plan détaillé de programmation du principe de rétroaction des données pour chaque pendule (max/osc)
- 6 / Plan de programmation du principe de rétroaction sur le son (max/msp)
- 7 / Plan de programmation du principe de rétroaction sur la lumière (max/dmx)
- 8 / Plan de programmation du principe de rétroaction sur le mouvement (max/arduino)
- 9 / Plan technique de l'installation (max/wifi/arduino/msp/dmx)



> Une inspiration ondulatoire pour ce projet est tiré du modèle de Turing comme hypothèse de morphogenèse du vivant, décrit par un principe de rétroaction générative

*** A active sa propre production**
A active aussi la production de B
B inhibe la production de A
B diffuse plus vite que A

1 / Plan de l'installation

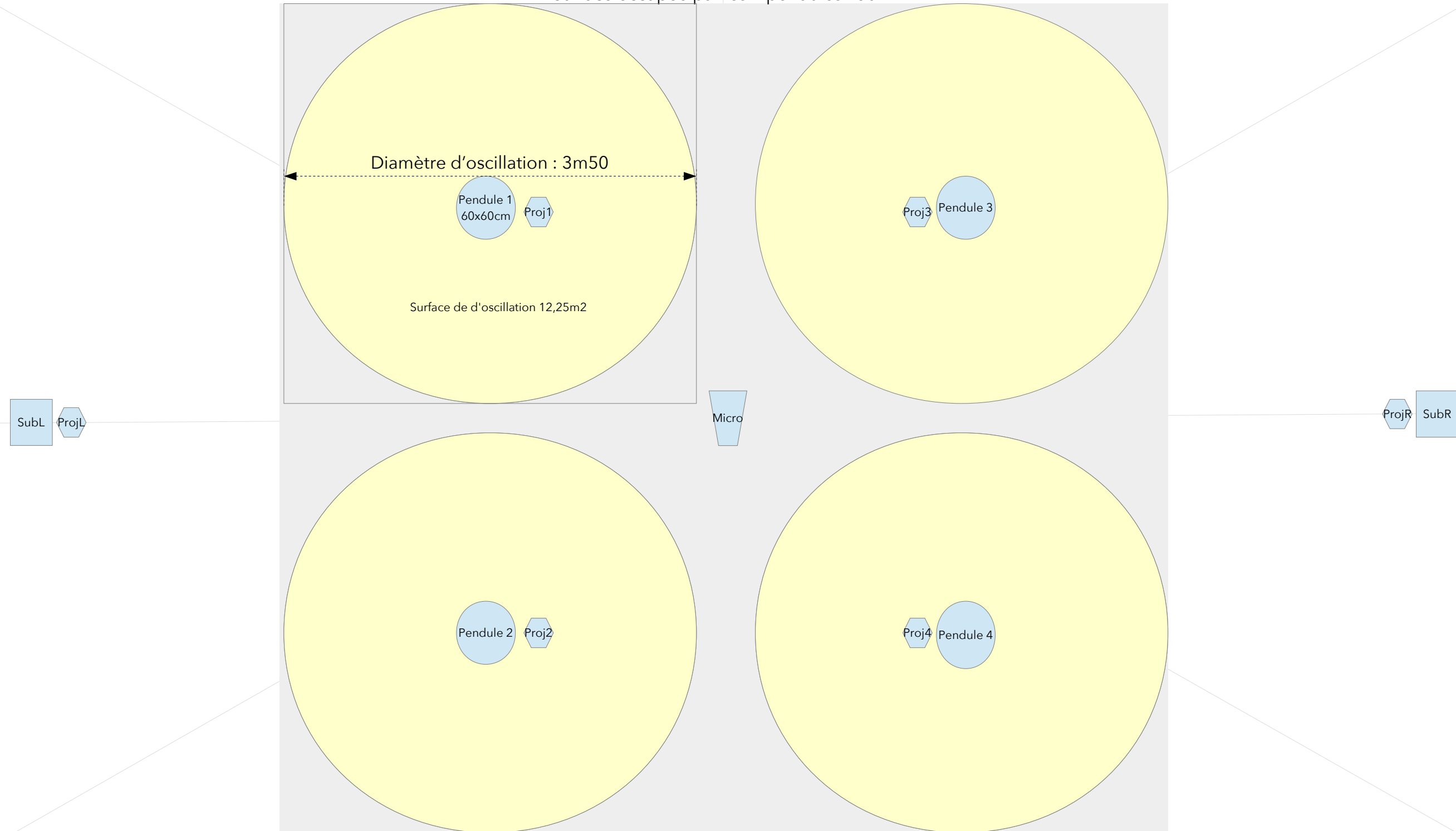
Régie

Ordinateur / carte son /
Amplificateur / Routeur wifi

Hauteur d'accroche des pendules : entre 3 et 4 mètres

La disposition des pendules peut être également en ligne ou en S selon l'architecture de la salle d'exposition

Surface occupée par les 4 pendules : 50m²



2 / Modélisation de l'installation



3 / Plan de programmation des cycles temporels de l'installation (max)

Rotations

> **10 minutes / PAYSAGE 1** : Au départ immobiles, on observe leurs très légères vibrations. Indexés sur la gravité, la lumière et le son sont faibles et homogènes, ils varient très peu. C'est un continuum astrale. De manière aléatoire, un pendule se met à tourner puis s'arrête. Un autre prend le relai, un troisième le rejoint, le 4ème reste statique. Le son est spatialisé par les rotations et la lumière irise les sphères. C'est un réveil.

Oscillation synchrones 1

> **20 minutes / PAYSAGE 2** : Les pendules s'arrêtent de tourner et se balancent naturellement. Deux pendules se mettent à osciller ensemble. Ils sont rejoints progressivement par les deux autres, puis se synchronisent. La lumière et le son changent. On entend des granulations comme des évènements, indexés sur l'incrémentement des oscillations. La lumière interpole ses intensités dans les zones de gris. Le balancement devient ample.

Oscillation asynchrone 2

> **20 minutes / PAYSAGE 3** : Arrivés à un climax (maximum d'oscillation), les pendules se décentrent et créent progressivement des ellipses. Ils se désynchronisent peu à peu et offrent au regard du visiteur leurs interpolations désormais chaotiques. La lumière découpe l'espace de manière saccadée, les ombres se projettent partout. Le son augmente en variant beaucoup les harmoniques indépendantes de chaque pendule.

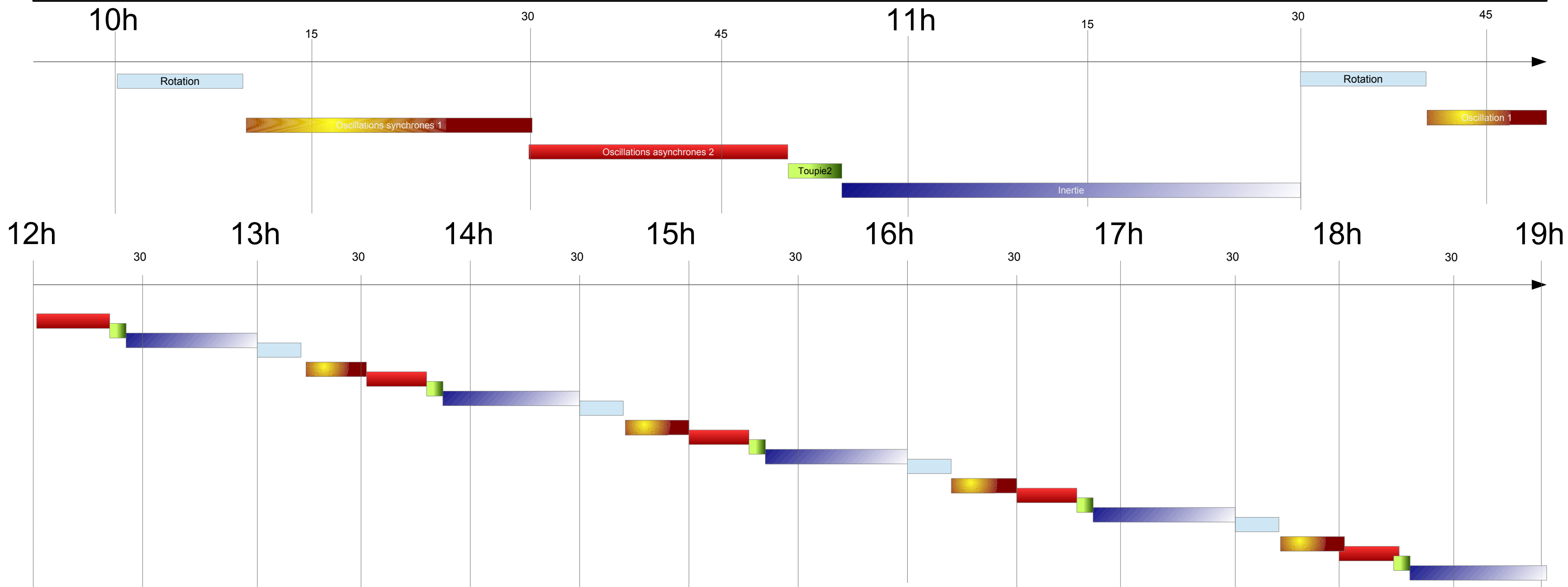
Toupie

> **5 minutes / PAYSAGE 4** : Les pendules stoppent net ensemble leurs oscillations et se mettent à tour de rôle en rotations à vitesses variables. Le moteur audio sample des fragments courts qu'il joue en granulations. La lumière flashe en couleurs brèves l'espace dans des découpages successifs de manière chrono photographique. La gravité réduit leurs amplitudes jusqu'à atteindre un apaisement, le paysage visuel se calme peu à peu.

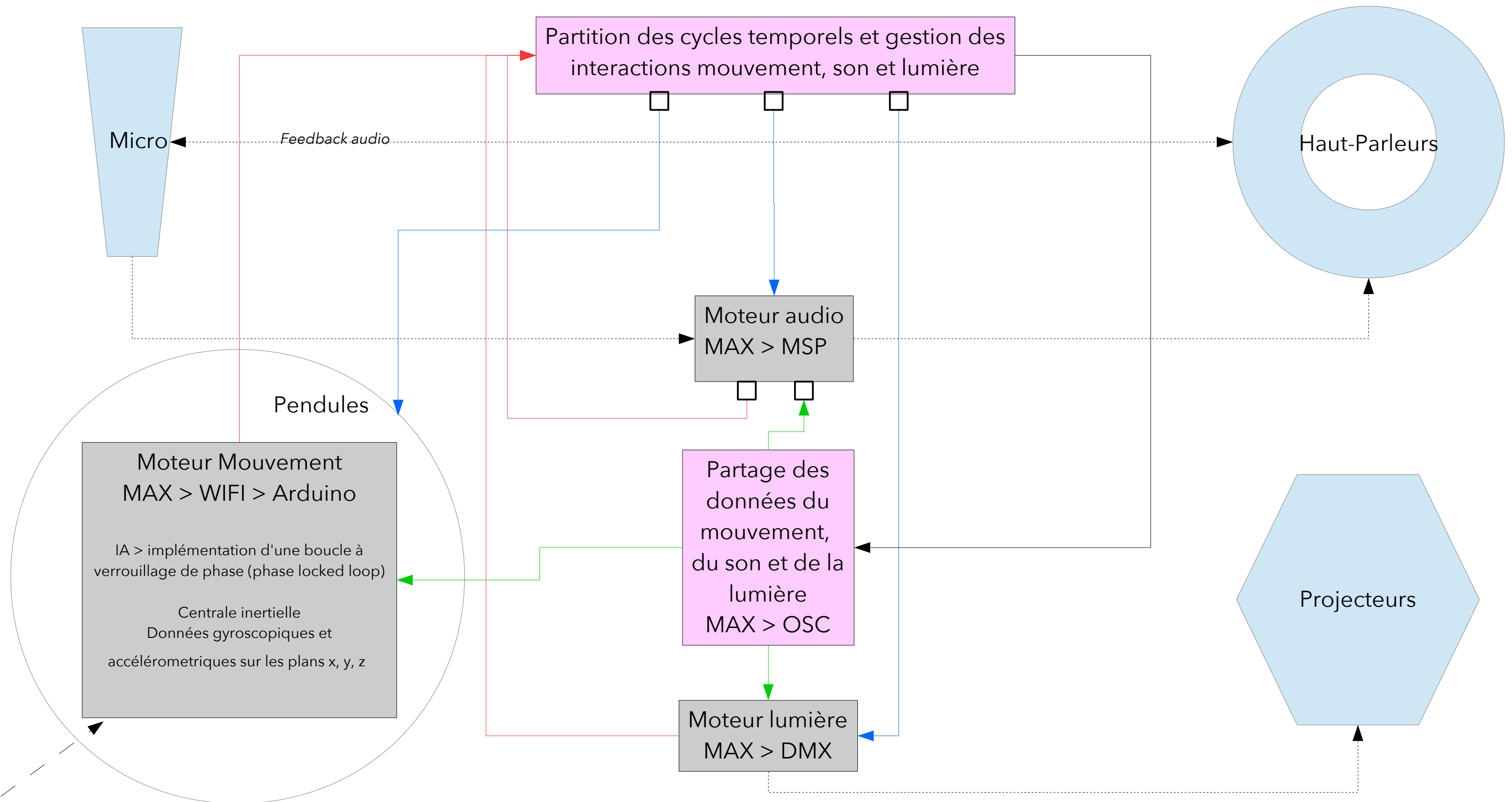
Inertie

> **35 minutes / PAYSAGE 5** : Les pendules s'arrêtent de tourner pour retrouver un vrai calme au bout de 35 minutes. La lumière et le son jouent également un decrescendo à des rythmes qui leur sont propres. L'auto-sampling se raréfie en harmoniques, la lumière recherche de longues interpolations légèrement colorées. On assiste à une « animalité » qui se meurt en équilibre dans la gravité par l'inertie, jusqu'à retrouver l'immobilité.

Exemple d'une programmation de cycles à l'échelle d'une journée d'exposition de 10h à 19h (90 minutes par cycle)



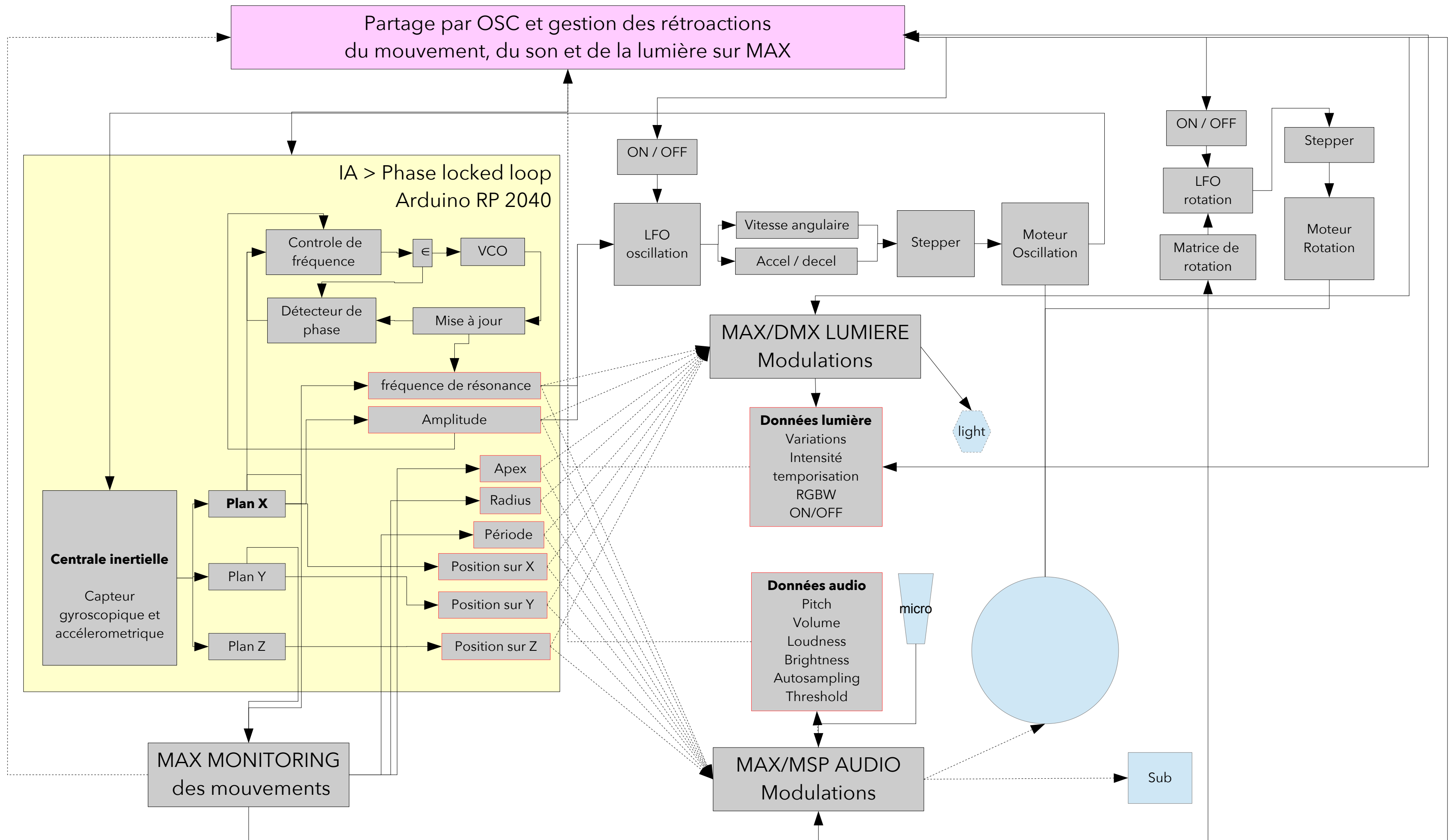
4 / Plan simplifié du principe de rétroaction du mouvement, du son et de la lumière



Voir les publications suivantes :

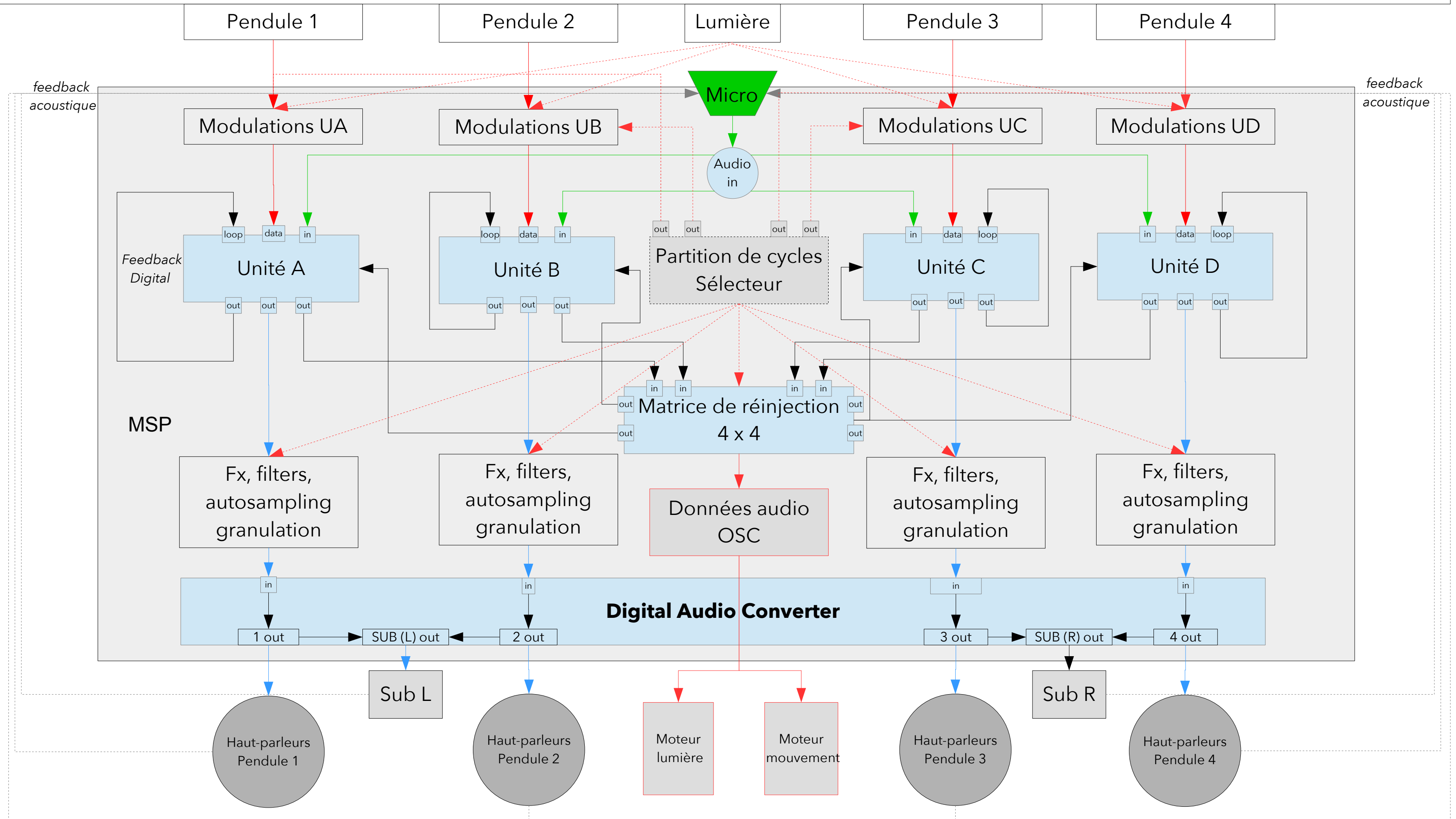
- Identification of nonlinear modes using phase-locked-loop experimental continuation and normal form
- Stabilization mechanism of limit cycle oscillation using control based continuation and phase locked loop

5 / Plan détaillé de programmation du principe de rétroaction des données pour chaque pendule



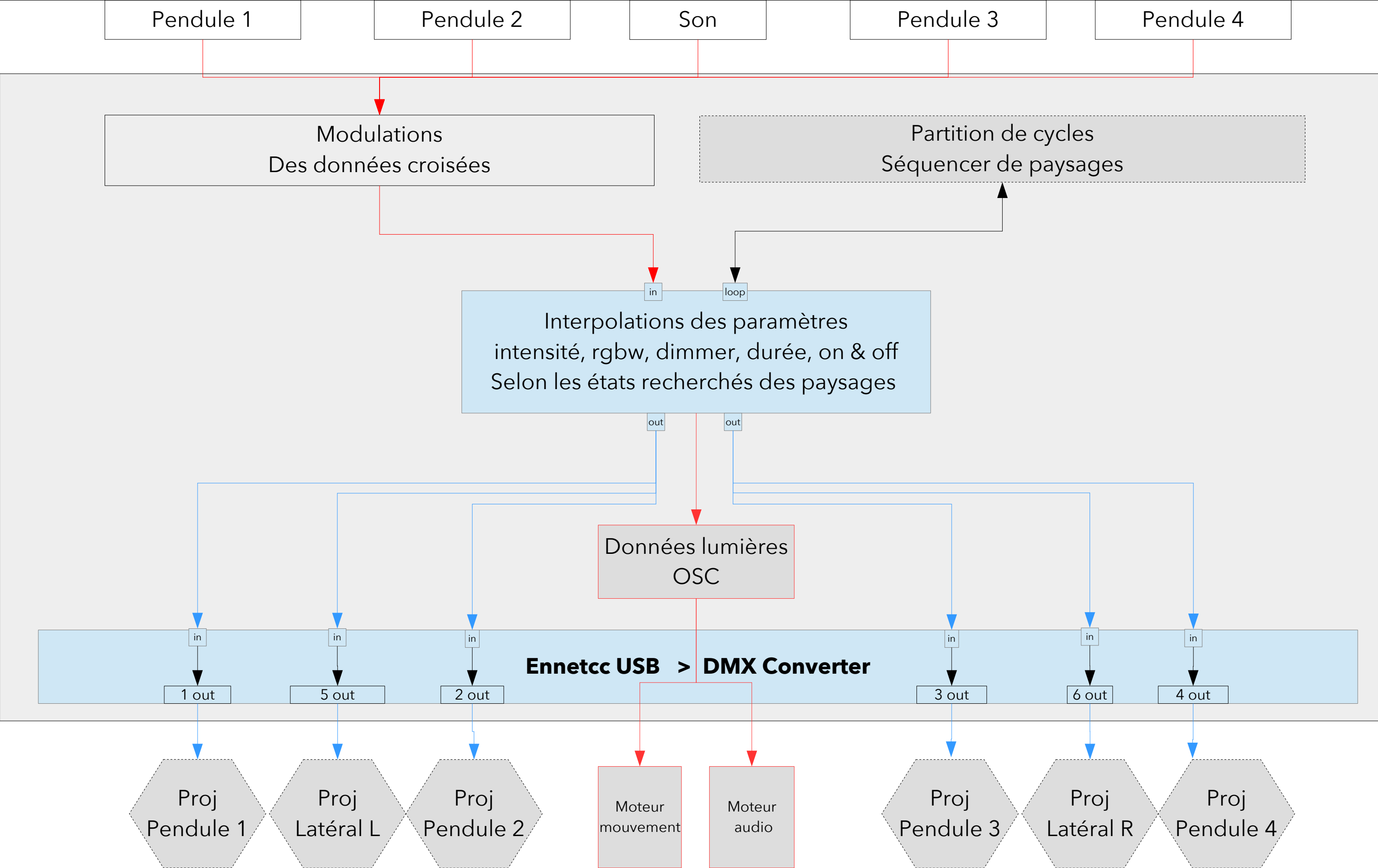
6 / Plan de programmation du principe de rétroaction sur le son (max/msp)

Affectation des données fréquentielles du mouvement et de la lumière pour moduler le temps de réinjection du signal dans chaque unité (UA, UB, UC, UD)



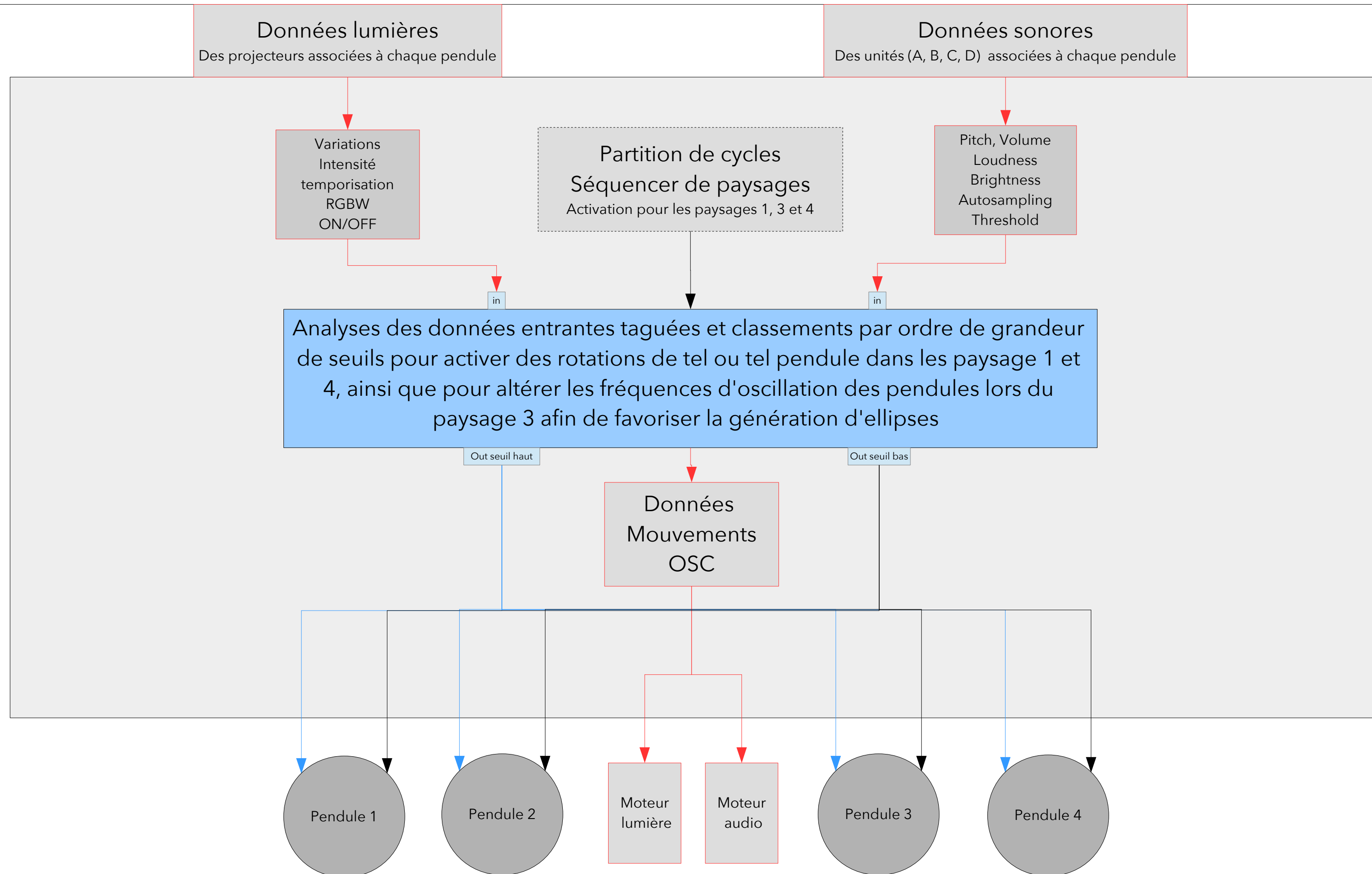
7 / Plan de programmation du principe de rétroaction sur la lumière (max/dmx)

Affectation des données du mouvement et du son pour moduler les paramètres de chaque projecteurs



8 / Plan de programmation du principe de rétroaction du mouvement (max/arduino)

Affectation des données de la lumière et du son pour moduler le comportement des pendules selon les paysages



9 / Plan technique de l'installation

