

en-direct

TRAIT D'UNION ENTRE RECHERCHE ET SOCIÉTÉ

NUMÉRO 325

JUILLET - AOÛT 2026

Magazine scientifique collaboratif
Édité dans l'Arc jurassien

GRAND FORMAT [RHYTHM'N'TUNES]

Musique sur tous les tons

MA THÈSE EN 180 SECONDES

L'impact de la guerre sur l'eau :
sujet gagnant en finale suisse

GRAND MÉNAGE

Débris spatiaux candidats
à une sortie d'orbite

ARCHIVE [NATURELLE]

Lire le passé
dans des objets en bois

CITÉ [IMPÉRIALE]

Besançon, c'était Byzance !

en-direct

NUMÉRO 325 JUILLET - AOÛT 2026

Un trait d'union franco-suisse,
entre établissements d'enseignement
supérieur et centres de recherche,
en lien avec l'entreprise et la société.

3 | ACTUALITÉS

- L'impact de la guerre sur l'eau :
sujet gagnant en finale suisse MT180
- Sobriété numérique :
 - Tisser de nouveaux liens avec la technologie
 - Un tableau de bord perso pour réduire son empreinte
- À la recherche de la matière noire
- Débris spatiaux candidats à une sortie d'orbite
- Nouvelles solutions pour l'électropolissage des métaux (semi-) précieux
- Quand les traces d'antibiotiques invitent des bactéries épidémiques dans notre ventre
- La rupture des ligaments croisés, du terrain de foot à la recherche
- Paroles d'orphelins confiés à une institution de la protection de l'enfance

12 | ARCHIVE [NATURELLE]

Lire le passé dans des objets en bois

14 | CITÉ [IMPÉRIALE]

Besançon, c'était Byzance!

16 | GRAND FORMAT [RHYTHM'N'TUNES]

Musique sur tous les tons

MA THÈSE EN 180 SECONDES

L'IMPACT DE LA GUERRE SUR L'EAU : SUJET GAGNANT EN FINALE SUISSE

Tout conflit armé malheureusement fait ses victimes. L'eau n'en sort pas non plus indemne : plus précisément, les processus hydrologiques, façonnés pour les besoins des activités humaines, se voient impactés par la guerre. Barrages détruits, pompes à l'arrêt et déplacements des activités agricoles modifient les dynamiques de l'eau, qui pour des raisons évidentes sont difficiles à étudier sur le terrain. Jeune chercheur à l'université de Neuchâtel où il termine sa thèse en hydrogéologie¹, Saeed Mhanna réussit à contourner la difficulté en observant les effets de la guerre sur l'eau... depuis le ciel. Il utilise la télédétection par satellite pour étudier les évolutions de la végétation, des débits des rivières et des mouvements du sol. Ces données sont ensuite combinées et analysées grâce à des outils d'apprentissage automatique et des méthodes statistiques, pour pouvoir quantifier et interpréter les phénomènes observés. Cette démarche de recherche originale a ainsi révélé des transformations autrement insoupçonnables sur deux terrains de guerre, la Syrie et l'Ukraine. Elle a emporté l'adhésion lors du concours de médiation et d'éloquence Ma thèse en 180 secondes (MT180), dont Saeed Mhanna a gagné la finale suisse en mai dernier. Gratifié du premier prix du jury et du prix du public, le jeune chercheur a établi un palmarès identique à celui de la sélection régionale à Neuchâtel, deux doublés remarquables ! L'un des enseignements majeurs de son étude concernant la Syrie est le changement radical du régime hydrogéologique sur l'un

des territoires les plus fortement impactés par la guerre, qui s'est traduit par l'abandon de millions d'hectares de culture. « Les superficies cultivées ont ici chuté de 21 à 24 % depuis 2013, signifiant moins d'irrigation et moins de pompage. L'observation satellitaire montre comment le débit des rivières a augmenté et les sources ont été réactivées. Le soulèvement du sol est visible, atteignant

a provoqué une véritable catastrophe. « En deux ans, l'équivalent du lac Léman s'est déversé dans la mer. C'est tout le processus hydrologique qui est depuis perturbé à l'échelle du bassin. » Mais les satellites ont aussi montré qu'à la place de ce réservoir, des zones humides effacées depuis des décennies sont réapparues. Le signe d'une mémoire retrouvée, selon le jeune chercheur, qui, originaire du



Photo Freepik

jusqu'à 4 cm pendant les années humides, ce qui témoigne d'une récupération spatiale variable des eaux souterraines », constate Saeed Mhanna, qui évoque le côté positif de ce bouleversement lors de sa présentation : « C'est comme si le paysage s'était remis à respirer ». Cette évaluation de la dynamique du stockage de l'eau évoque néanmoins pour le jeune chercheur une réelle problématique pour l'exploitation de ces eaux souterraines à l'avenir. En Ukraine, la destruction du barrage Kakhovka en juin 2023

Liban, entend bien laisser une place à l'espoir dans le chaos que provoque la guerre, y compris sur la dynamique de l'eau.

¹ *L'eau comme victime de la guerre : preuves par télédétection et apprentissage automatique des transformations hydrologiques.*

Contact :
Centre d'hydrogéologie et de géothermie
CHYN
Université de Neuchâtel
Saeed Mhanna
Tél. +41 (0)32 718 26 00
saeed.mhanna@unine.ch

SOBRIÉTÉ NUMÉRIQUE

TISSER DE NOUVEAUX LIENS
AVEC LA TECHNOLOGIE

Les *data centers*, ces énormes machines capables de traiter et de stocker les données numériques, sont devenus moins gourmands en énergie – désormais parfois 100 % renouvelable –, de la fabrication de leurs composants au fonctionnement de leurs systèmes de refroidissement.

et ne sont exploités la plupart du temps qu'entre 30 à 60 % de leurs capacités : leur surdimensionnement est nécessaire pour pouvoir répondre sans délai lorsque les demandes affluent. Imaginer un nouveau concept de *data center* pourrait apporter la solution pour rompre ce

de l'Institut FEMTO-ST. Il associe les sciences humaines et sociales à la technique, notamment par le biais des travaux de Mathieu Tricot, qui enseigne la philosophie à l'UTBM et mène ses recherches au sein de l'équipe RECITS du laboratoire comtois. Combinant une efficacité désormais acquise et l'adhésion des utilisateurs, le *data center* nouvelle génération mise sur la sobriété numérique. Ce concept va plus loin que celui de frugalité, qui suppose de consommer ce qui est juste nécessaire : la sobriété, elle, questionne les besoins et les usages dans un objectif d'équité et d'intérêt général. Elle parle de renoncement ou de report de consommation, mais veut éviter la frustration : il s'agit de rendre acceptable la modification de certains usages, en dégageant d'autres priorités auxquelles de l'importance est accordée. Vous n'imaginez pas décaler le visionnage d'une série, limiter votre utilisation de ChatGPT ou abandonner l'interrogation à distance de votre frigo pour faire les courses ? Pourtant, à choisir, le stockage de données médicales ou la réalisation d'opérations bancaires en temps réel vous semblent bien plus indispensables ? Mettre en avant ce à quoi on tient vraiment promet de rendre plus acceptables de nouveaux comportements, aujourd'hui nécessaires pour une consommation d'énergie tenable. Ce nouvel état d'esprit, qui tient de la notion philosophique de convivialité, passe par la création de nouveaux liens avec la technique. À commencer par la prise de conscience du fonctionnement et du coût



Ces avancées technologiques remarquables sont le fait de projets tels que DATAZERO, dont deux volets successifs ont été menés ces dix dernières années à l'Institut FEMTO-ST.

Ces efforts ne sont malheureusement pas suffisants : la consommation des services numériques augmente toujours plus, renforcée par l'explosion de l'intelligence artificielle générative. Si les *data centers* n'ont jamais été aussi efficaces qu'aujourd'hui, ils continuent à se multiplier

cercle vicieux : c'est là l'objectif du projet SOCLOUD, débuté en janvier dernier pour quatre ans, avec un financement de l'Agence nationale de la recherche (ANR).

ASSOCIER
LA TECHNOLOGIE ET
LES SCIENCES HUMAINES

Ce projet vient relayer DATAZERO sous le pilotage de Jean-Marc Nicod, enseignant en informatique à SUPMICROTECH et chercheur au département AS2M

énergétique des services numériques, des dimensions essentielles mais cachées derrière une accessibilité facile, une disponibilité immédiate et continue.

« Il n'existe pas de modèle absolu, ni de solution idéale. Mais l'idée est de faire émerger une troisième voie, entre la solution technologique dont on voit qu'elle suscite en permanence de nouveaux besoins, et des directives qui imposeraient des limitations, une option socialement irrecevable », expliquent les chercheurs. Des *data centers* adaptés aux besoins et aux territoires, pilotés par des algorithmes régis par l'adoption de chartes au sein de communautés d'utilisateurs, pourraient naître de cette nouvelle réflexion.

Contacts :

Institut FEMTO-ST
UMLP/ SUPMICROTECH/ UTBM/ CNRS
Jean-Marc Nicod
Tél. +33 (0)3 81 40 28 11
jm.nicod@femto-st.fr

Mathieu Triclot
mathieu.triclot@utbm.fr

UN TABLEAU DE BORD PERSO POUR RÉDUIRE SON EMPREINTE

« Utiliser le numérique de façon consciente et modérée deviendra probablement une nécessité » : lui aussi convaincu que le numérique ne peut poursuivre son développement au rythme actuel, Steve Berberat conduit le projet ONEEN (Observatoire neuchâtelois de l'empreinte environnementale du numérique) à l'Institut de digitalisation des organisations de la HE-Arc Gestion. « Ce projet prévoit la mise en place d'une plateforme de pilotage pour favoriser les actions en faveur d'un numérique responsable. » Pensé pour les organisations publiques et privées, cet outil est destiné en premier lieu à celles du Canton de Neuchâtel, dont l'ambition affichée est de réduire de 90 % ses émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2040. Quelle part de cette pollution est de la responsabilité du numérique ? Comment évaluer le coût énergétique et environnemental des différents équipements, sachant que la fabrication des appareils représente 78 % de

la production des gaz à effet de serre imputée au domaine ? Quels usages et principes de fonctionnement pourraient être améliorés dans une entreprise ou une collectivité ?

La plateforme ONEEN répondra de manière personnalisée à ces questions. « Des objectifs alignés avec les ambitions cantonales seront proposés à chaque organisation, en fonction des paramètres qu'elle aura renseignés, comme sa taille, son secteur d'activité, etc. Elle pourra les prendre tels quels ou les redéfinir selon ses souhaits. » Le partage des bonnes pratiques ainsi que, grâce à une série d'indicateurs, le suivi des actions mises en œuvre, font également partie des possibilités offertes par la plateforme.

Le projet ne se limite cependant pas à fournir des outils en faveur de la réduction de l'impact du numérique (*Green IT*). Il prévoit également d'exploiter les solutions que peut, à l'inverse, apporter le numérique pour réduire d'autres impacts environnementaux (*IT for Green*). Les deux versants du sujet constituent ainsi ce qu'il est convenu d'appeler le numérique responsable.

Financé par la Confédération suisse et le Canton de Neuchâtel, le projet ONEEN inclura à terme des fonctionnalités à l'intention des communes, afin qu'elles puissent suivre et soutenir les évolutions proposées par les organisations sur leur territoire.

Contact :
Institut de digitalisation des organisations
Haute école de gestion Arc
Steve Berberat
Tél. +41 (0)32 930 20 48
steve.berberat@he-arc.ch



TEMPS-FRÉQUENCE

À LA RECHERCHE DE LA MATIÈRE NOIRE

Selon un modèle actuellement privilégié par les astrophysiciens, l'Univers serait constitué à 26,8 % d'un type de matière inconnu, la matière noire.

La présence de ce halo, agissant de façon gravitationnelle et sans interaction avec la lumière, entre en ligne de compte pour étayer la théorie de l'évolution de l'Univers et expliquer certains phénomènes déroutants, comme le fait que des étoiles en périphérie de notre Galaxie orbitent plus vite que celles qui sont proches de son centre, contrairement au mouvement des planètes à l'intérieur de notre Système solaire.

Même si des observations astrophysiques indirectes vont dans le sens de cette hypothèse, aucune des mystérieuses

particules n'a jamais été directement détectée, et l'existence de la matière noire reste à prouver.

DES PARTICULES ULTRALÉGÈRES

Pour tenter d'approcher sa réalité supposée, les scientifiques orientent désormais leurs recherches vers la détection des particules ultralégères qui pourraient la constituer, estimées entre 10^{-24} et 1 électron-volt (eV). Ces particules forment des « champs scalaires » dont les oscillations sont à même de modifier la longueur des objets : détecter ces changements de longueur permettrait de prouver une interaction avec ces particules, et de déterminer

leur masse.

Une ambition à laquelle peuvent répondre les outils mis au point pour la métrologie du temps et des fréquences, qui, affichant des valeurs à seize chiffres après la virgule, est la mesure la plus fine et exacte qui soit. Au département Temps-fréquence de l'Institut FEMTO-ST, Jonathan Gillot et ses collaborateurs mènent des recherches en physique fondamentale pour fabriquer des cavités en silicium d'une dizaine de centimètres, dont les moindres fluctuations de longueur, générées par des champs scalaires, sont détectées *via* un laser. Les particules recherchées ici ont une masse de l'ordre de 10^{-10} eV, à comparer de façon vertigineuse aux 511 keV de celle d'un électron !

« Si la cavité est mise en présence de champs scalaires tels qu'en présenterait la matière noire, la taille des atomes oscille, et la longueur de la cavité change. Les fluctuations de longueur de la cavité s'impriment sur la fréquence du laser, cette dernière étant stabilisée finement sur la longueur de la cavité », explique Jonathan Gillot.

Assurer la stabilité de la fréquence du laser et réduire au minimum les « bruits » parasitant les mesures représentent plus qu'un challenge à ces dimensions infimes. Les cavités dites de Fabry-Perot, équipées de deux miroirs pour réfléchir le laser, présentent une configuration idéale pour répondre aux exigences.

EXPÉRIENCES XXL

Ces cavités font à FEMTO-ST l'objet de deux expérimentations scientifiques distinctes, autorisant les comparaisons.

« Dans l'une, les miroirs réfléchissants sont constitués de revêtements cristallins, c'est une innovation permettant de limiter fortement les bruits thermiques habituellement émis par le couple substrat/revêtement optique, et qui sont les derniers dont nous avons à nous affranchir. » Les cavités fonctionnent sous vide, et sont placées dans des enceintes à vide pour éviter les fluctuations de pression de l'air. Le froid règne en maître dans les dispositifs pour limiter le plus possible les fluctuations de longueur de la cavité. Des blindages thermiques, à la manière de boîtes gigognes dont la plus petite abrite la



Enceinte (hauteur environ 2m) abritant le dispositif de détection des particules ultralégères. La cavité se trouve à l'étage inférieur. Photo FEMTO-ST

cavité, présentent des paliers de refroidissement successifs à l'intérieur d'une enceinte à vide en forme de tour. Les chercheurs bisontins ont ainsi réussi à produire « la cavité la plus froide du monde » : elle affiche 0,5 kelvin (-272,65°C), contre 3 K

au mieux dans les expériences similaires, et présente une stabilité à 10^{-16} , avoisinant celle des meilleurs résultats connus. Les travaux se poursuivent, avec l'espoir de participer à lever un jour le voile sur l'énigme de la matière noire.

Contact :
Département Temps-fréquence
Institut FEMTO-ST
UMLP / SUPMICROTECH / UTBM / CNRS
Jonathan Gillot
jonathan.gillot@femto-st.fr

GRAND MÉNAGE

DÉBRIS SPATIAUX CANDIDATS À UNE SORTIE D'ORBITE

À moins de 2 000 kilomètres du sol, les orbites basses de la Terre accueillent des satellites d'observation pour la météorologie ou la surveillance des récoltes, des satellites de télécommunication, des stations spatiales..., et des tonnes de débris générés par les activités humaines dans l'espace. En mai 2026, l'Agence spatiale européenne estimait leur nombre à 140 millions, dont 1,2 million d'une taille supérieure à 1 cm, réputée suffisante pour causer de graves dommages, voire des destructions, en cas de collision avec des satellites ou des engins spatiaux traversant ces orbites. Alors que les orbites basses sont de plus en plus fréquentées, retirer une partie de ces débris n'est plus une option mais une nécessité, une vision partagée par l'ensemble de la communauté spatiale internationale. Onze équipes d'experts en astrophysique ont ainsi chacune établi une liste des cinquante objets jugés les plus préoccupants à soustraire en priorité de l'espace proche, des listes combinées entre elles pour donner lieu à un classement commun.

Une démarche questionnée et complétée par l'approche d'une équipe d'économistes, composée d'Annick Laruelle (Ikerbasque, la Fondation Basque pour la Science, et professeure invitée au CRESE et à l'UMLP) et de

membres du CRESE. Encore peu de chercheurs dans le monde travaillent sur la question des débris spatiaux et du financement de leur nettoyage. Autour des recherches impulsées depuis plusieurs années par les économistes Sylvain Béal et Marc Deschamps, l'équipe du CRESE, elle, s'est étoffée, et développe des collaborations notamment avec l'Italie et l'Espagne, sur un sujet aux forts enjeux technologiques, environnementaux et économiques. « Concernant ce classement agrégé, nous avons voulu attirer l'attention des spécialistes sur le fait qu'il est très rare que des résultats ne soient pas impactés par la procédure choisie », explique Marc Deschamps. Les économistes ont ainsi proposé d'étudier le classement des 50 objets, avec les outils de la théorie du choix social : une discipline à la croisée de la théorie économique, des mathématiques et de l'informatique théorique. Cette recherche souligne que, selon la façon de prendre en compte les évaluations de chacun des objets en fonction de leurs différentes positions dans les onze listes, l'ordre des priorités peut être différent. Ainsi l'étude de la robustesse du classement a montré son intérêt pour opérer des choix, a mis en évidence un fort consensus entre les conclusions des onze équipes d'experts, et a retenu l'attention



Photo NASA, Hubble Space Telescope - Unsplash

des auteurs qui avaient proposé ce classement final. Validée en fin d'année dernière par une publication dans l'une des plus prestigieuses revues en ingénierie aérospatiale, *Acta Astronautica*, cette recherche a été soutenue en France par le CNES (Centre national d'études spatiales), qui l'a mentionnée dans sa *newsletter*, une première pour un travail en sciences humaines et sociales. Le CRESE a depuis une convention de recherche avec le CNES, jusqu'en 2028.

Contact :
Centre de recherche sur les stratégies économiques – CRESE
UMLP
Marc Deschamps
Tél. +33 (0)3 81 66 67 64
marc.deschamps@umlp.fr

TRAITEMENT DE SURFACE

NOUVELLES SOLUTIONS POUR L'ÉLECTROPOLISSAGE DES MÉTAUX (SEMI-) PRÉCIEUX

Procédé de traitement de surface électrochimique, l'électropolissage est une option de choix pour obtenir des finitions lisses et brillantes sur des objets métalliques, au terme de leur processus de fabrication. Il s'avère particulièrement intéressant pour les alliages précieux ou semi-précieux utilisés en horlogerie et en bijouterie, domaines pour lesquels les pièces sont issues de fonderie ou de fabrication additive. La rugosité de surface des bijoux, carrures de montres et autres articles métalliques de l'industrie du luxe avoisine 2 à 3 µm lorsqu'ils sortent d'un moule en fonderie, et 13 à 14 µm



Avant et après électropolissage. Photo PX - Incador

lorsqu'ils sont obtenus par ajout de matière en fabrication additive. Cette dernière technique apporte par ailleurs une difficulté supplémentaire au travail délicat de polissage, en autorisant la réalisation d'objets aux géométries très complexes. L'ensemble de ces caractéristiques sont prises en compte par les membres du projet ECOPOL, qui vise le développement d'un procédé

d'électropolissage performant et non toxique pour les alliages or et les alliages cuivreux.

Le principe de l'électropolissage est d'agir par dissolution des aspérités de la surface métallique d'un objet immergé dans une solution, ou électrolyte, grâce à un ensemble de réactions électrochimiques.

DES ÉLECTROLYTES ÉCOLOGIQUES

Dans le cadre du projet ECOPOL, différentes versions d'électrolytes sont mises au point, selon la nature des métaux à traiter. Tous sont à base de solvants eutectiques

profonds (DES), des solvants écologiques apparus au début des années 2000.

« Les électrolytes sont formulés à base de composés biodégradables comme le chlorure de choline, un additif notamment utilisé dans les aliments pour les animaux », précise Julymar Rodriguez, cheffe du projet à la HE Arc Ingénierie. « Le point de fusion de ces électrolytes, c'est-à-dire la température nécessaire pour

qu'ils atteignent l'état liquide, est étonnamment plus bas que celui de chacun de leurs composants pris séparément. Les mélanges peuvent ainsi rester homogènes à température ambiante, ce qui constitue un avantage considérable pour leur application à l'échelle industrielle », explique-t-elle. Enfin, ils présentent une viscosité très étudiée, à même de recouvrir d'une couche protectrice les « creux » de la surface tout en laissant les « pics » de rugosité exposés à l'action électrochimique. Outre la composition des électrolytes, une gestion contrôlée des paramètres régissant le procédé, comme la température du bain et le courant électrique appliqué, est indispensable pour assurer le succès de l'opération. Le projet ECOPOL a pour ambition de fournir à l'industrie du luxe des solutions d'électropolissage non toxiques et adaptées à ses différents impératifs de fabrication. L'objectif final des membres du consortium est de faire atteindre une échelle semi-industrielle à leur procédé, en vue du développement d'équipements accessibles aux entreprises. ECOPOL est un projet transfrontalier financé par le programme Interreg et les cantons de Neuchâtel et de Genève pour trois ans (2026-2028). Il a pour partenaires académiques la HE-Arc et l'Institut UTINAM/ UMLP, et pour partenaires industriels PX Services et Richemont International côté suisse, et Losange côté français.

Contact :
Haute Ecole Arc Ingénierie
Julymar Rodriguez
Tél. +41 (0)32 930 15 21
julymar.rodriguez@he-arc.ch

SANTÉ PUBLIQUE

QUAND LES TRACES D'ANTIBIOTIQUES INVITENT DES BACTÉRIES ÉPIDÉMIQUES DANS NOTRE VENTRE

Les spécialistes le savent : lorsqu'un patient est soumis à un traitement antibiotique, les importantes concentrations de cet antibiotique dans l'intestin favorisent la sélection de bactéries pathogènes résistantes. À l'inverse, si le microbiote est en bonne santé et dépourvu de tout antibiotique, les bactéries résistantes s'implantent beaucoup moins facilement. Mais que se passe-t-il entre ces deux extrêmes ? La présence d'antibiotiques sous forme de traces peut-elle avoir une incidence ? Professeur de bactériologie-hygiène au laboratoire Chrono-environnement / UMLP et au service d'hygiène hospitalière du CHU de Besançon Franche-Comté, Didier Hocquet travaille à comprendre les ressorts de l'émergence de la résistance aux antibiotiques et sa diffusion dans les populations humaines. Avec ses doctorants et post-doctorants, il a mis au point un modèle *in vitro* pour cerner ces questions et déterminer la concentration à partir de laquelle un antibiotique, véhiculé par l'alimentation, peut favoriser l'implantation de bactéries résistantes dans le microbiote. « En France, et de manière générale en Europe, le recours aux antibiotiques en médecine vétérinaire est très contrôlé, fait l'objet de nombreuses interdictions, et des délais de carence sont obligatoires avant tout abattage des animaux pour la consommation humaine. Mais ce n'est pas le cas partout. Dans certains pays, ils peuvent être utilisés à titre préventif pour éviter les maladies, et en production comme promoteurs de croissance ; les législations sont variables, et pas toujours respectées. » C'est en Asie du Sud-Est, en Afrique du Nord, en Amérique du Sud et au Moyen-Orient que l'on trouve

le plus grand nombre de personnes contaminées par des bactéries pathogènes résistantes, alors même qu'elles ne suivent pas de traitement antibiotique : si moins de 10% de la population française est concernée, ce chiffre grimpe à 80% dans certains pays d'Asie du Sud-Est. On estime que la résistance aux antibiotiques est directement responsable de 1,3 million de décès par an dans le monde.

EXPÉRIENCE *IN VITRO*

Le modèle développé à Chrono-environnement est inédit. Dans la partie expérimentale, les chercheurs ont ajouté peu à peu des molécules d'antibiotiques et des bactéries à des fèces de personnes n'ayant suivi aucun traitement antibiotique pendant six mois, jusqu'à ce que soit déterminé le seuil d'implantation des bactéries. « Les bactéries épidémiques s'installent dans un microbiote imprégné entre 1 et 50 microgrammes par litre d'antibiotique, ce qui correspond à la concentration retrouvée dans les selles d'individus sains ayant consommé des aliments contenant des antibiotiques. Ce sont des concentrations, qui, dans le côlon humain, sont suffisamment élevées pour favoriser l'implantation de pathogènes exogènes résistants aux antibiotiques », conclut Didier Hocquet. Le modèle a mis en jeu 19 antibiotiques utilisés en médecine humaine et vétérinaire, seuls ou en combinaison, et 28 souches d'agents pathogènes à Gram négatif épidémiques chez



Photo Pixabay

l'homme. Le chercheur souligne que les résultats de cette expérience *in vitro* corrobore les données d'autres laboratoires sur la base d'autres méthodes. « En Europe, la santé du consommateur est protégée par des doses maximales d'antibiotiques autorisées dans les aliments. Mais les conclusions des recherches soulignent la nécessité de réévaluer ces valeurs à la baisse. » Il s'agit aussi de poursuivre la réflexion sur les pratiques agricoles et vétérinaires, encouragée par une chute remarquable de la prescription d'antibiotiques pour l'élevage en France depuis une dizaine d'années, et par une sensibilisation notable des vétérinaires et des agriculteurs. Reste au niveau individuel à suivre les conseils de son médecin et à adopter les recommandations qui vont dans le sens d'une moindre consommation d'antibiotiques, pour rompre la spirale infernale de la résistance.

Contact :
Laboratoire Chrono-environnement
UMLP / CNRS
Service d'hygiène hospitalière
CHU de Besançon Franche-Comté
Didier Hocquet
Tél. +33 (0)3 70 63 21 34
dhocquet@chu-besancon.fr

SPORT DE HAUT NIVEAU

LA RUPTURE DES LIGAMENTS CROISÉS,
DU TERRAIN DE FOOT À LA RECHERCHE

Photo Tobias Fyockt - Unsplash

Hantise des sportifs et surtout des adeptes du football, la rupture des ligaments croisés du genou est l'un des sujets de recherche en physiothérapie de Florian Forelli à la HE-Arc Santé. L'objectif ? Optimiser la rééducation des joueurs, pour un retour plus sûr sur le terrain. La rupture des ligaments croisés intervient le plus souvent pendant le premier quart d'heure d'un match. Fragilisé par des stress physiques, psychiques, une fatigue générale, le joueur se blesse, et il se blesse seul. Si les changements de direction ou les décélérations brutales sont souvent en cause, de mauvaises évaluations cognitives, qui font commettre des erreurs dans les mouvements, le sont encore plus. Dans la quasi-totalité des cas, c'est le ligament croisé antérieur, à l'intérieur du genou, qui est touché. Fréquente et invalidante, la blessure occasionne neuf à douze mois de rééducation avant de pouvoir envisager un retour sur le terrain, notamment en cas d'opération chirurgicale. La rééducation est l'œuvre des kinésithérapeutes en France, des physiothérapeutes en Suisse,

deux mots différents pour une même pratique professionnelle, et une même discipline scientifique. À la HE-Arc Santé, les recherches sur la rupture du ligament croisé antérieur visent l'optimisation de la rééducation pour assurer une plus grande sécurité du joueur à la reprise de son activité sportive.

ÉVITER LES RÉCIDIVES

« On déplore plus de 30 % de récidives après le retour sur le terrain, notamment chez les jeunes », constate Florian Forelli. Un des prérequis pour aller vers la guérison complète est que le quadriceps, situé en avant de la cuisse, puisse retrouver sa force pour se contracter efficacement. Certaines études montrent que cette capacité musculaire est encore souvent insuffisante, alors même que la pratique du sport est à nouveau autorisée. Une recherche menée en collaboration avec une équipe de l'université de Silésie (Katowice, Pologne) auprès de footballeurs amateurs montre ainsi que 80 % des joueurs victimes d'une

rupture du ligament croisé antérieur témoignent d'un déficit musculaire des quadriceps et ischio-jambiers à la reprise de leur activité sportive.

« Pour une rééducation plus efficace, nous cherchons à déterminer les profils de récupération des patients, afin de mettre en place des protocoles personnalisés. Selon les cas, c'est plutôt la force ou la vitesse qui aide à mobiliser efficacement le muscle, et c'est en jouant sur ces deux paramètres que nous pensons les aider à retrouver une pleine capacité musculaire. » La rééducation terminée, retour sur le stade, mais les physiothérapeutes restent vigilants. Dans des études réalisées conjointement avec l'université de Poitiers, les chercheurs évaluent si les joueurs sont prêts. « Les tests déjà réalisés montrent que les stigmates de la blessure n'ont pas d'effet particulier sur la performance, mais qu'ils peuvent significativement impacter la qualité du mouvement, source de nouveaux risques de lésion. » L'adaptation dont le cerveau a su faire preuve en raison de la blessure pourrait expliquer cette inadéquation des mouvements produits par la suite. Questionner ce qui est du ressort du cerveau, et la place que les considérations cognitives peuvent prendre dans la rééducation, figure également au nombre des recherches en physiothérapie pilotées par Florian Forelli à la HE-Arc Santé.

Contact :
Haute Ecole Arc Santé
Florian Forelli
Tél. +41 (0)32 930 16 54
florian.forelli@he-arc.ch

TRAJECTOIRES

PAROLES D'ORPHELINS CONFIÉS À UNE INSTITUTION DE LA PROTECTION DE L'ENFANCE

Âgés de 8 à 18 ans, les jeunes orphelins avec lesquels Séphora Besançon s'est entretenue au cours de sa thèse en sociologie¹ se sont tous montrés contents d'être entendus. Habités à raconter encore et toujours leur histoire à chaque changement d'institution et aux différents acteurs de la protection de l'enfance qu'ils sont amenés à rencontrer, c'est presque de façon mécanique qu'ils se sont d'abord ouverts à elle. La confiance s'installant, le discours s'est fait plus naturel, plus personnel aussi. Séphora Besançon a ainsi suivi, pendant trois à cinq ans, huit jeunes orphelins placés dans des structures associatives ou étatiques. Un cheminement sur le long terme entrepris dès son master, avec une question sous-jacente : comment la socialisation se passe-t-elle pour des enfants privés de parents et vivant hors d'un cadre familial ? La jeune chercheuse relève que malgré une

évolution juridique, « la voix et la capacité d'agir des enfants et adolescents demeurent limitées en institution, un cadre sécurisant, mais aussi enfermant ».

ASTUCES AU QUOTIDIEN

Pour recueillir leur parole, Séphora Besançon a mis en place des méthodes tenant de la sociologie, et développé des outils participatifs à base de dessins numériques, des images GIF, pour les aider à exprimer leurs pensées et ressentis. « La capacité d'agir de ces jeunes, leur *agency*, pour reprendre le terme de sociologie adéquat, prend la forme de pratiques le plus souvent discrètes pour contourner les règles. » Dans un monde où les décisions sont prises uniquement par les adultes, c'est au quotidien qu'il est possible de gagner une marge de liberté, de petites actions en véritables stratégies. C'est réussir

à fourrer quelques chips dans ses poches à la sortie de la cantine ou courir dans les couloirs à l'insu des surveillants ; à glisser dans un téléphone « non déclaré » la carte SIM de son portable déposé dans un panier pour la nuit ; à se montrer discipliné à certains endroits pour mieux endormir l'attention ailleurs ; à couvrir la fugue d'un copain de dortoir... Séphora Besançon souligne le fait que les liens sont très étroits entre les jeunes orphelins, qui, unis par une histoire commune, se considèrent parfois comme frères et sœurs.

« C'est encore plus vrai dans la maison d'enfant à caractère social (MECS) enquêtée, où, en principe, les placements sont les plus durables. » Et où la relative stabilité des équipes professionnelles permet de créer une « famille institutionnelle », dans laquelle les encadrants sont des figures de soutien et de soin. « C'est un équilibre plus difficile à obtenir dans les foyers, parce que le *turn-over* y est plus important, remarque la jeune chercheuse. Les jeunes orphelins sont alors à nouveau confrontés à des situations de séparation, ils ont à faire le deuil de leurs référents éducatifs. »

Aujourd'hui chercheuse associée au LaSA, Séphora Besançon poursuit ses travaux à l'Observatoire régional de santé Bourgogne - Franche-Comté, où elle occupe un poste de chargée d'études sur les parcours de soins des enfants placés en institution.



¹ *Agency et parcours de vie dans les services de protection de l'enfance : le cas des orphelins grandissant en établissement*. Thèse Cifre (Convention industrielle de formation par la recherche) réalisée au Laboratoire d'anthropologie et de sociologie (LaSA) de l'UMLP, en collaboration avec la Caisse nationale d'allocations familiales, soutenue en décembre 2025 à Besançon.

Contact :

Laboratoire d'anthropologie
et de sociologie (LaSA)
UMLP
Séphora Besançon
sephora.besancon@gmail.com



Le bois ne représente qu'un pourcentage infime des vestiges archéologiques. Mais il offre des informations capitales, pour la datation des objets comme pour la compréhension des contextes écologiques et historiques, à qui sait lire entre ses cernes.

Une spécialité des dendrochronologues du laboratoire Chrono-environnement, dont les résultats de nombreuses années de recherche prennent place dans une synthèse internationale consacrée à l'époque romaine.

ARCHIVE [NATURELLE]

LIRE LE PASSÉ DANS DES OBJETS EN BOIS

L'équipe de recherche bisontine était la première en France à travailler à partir de cette technique inédite

Planter un chêne aujourd'hui revient à dire qu'il ne sera pas donné de le voir atteindre sa pleine maturité. Mais cela n'empêche en rien d'admirer ceux qui ont été plantés par d'autres et d'autres temps, des arbres dont les mensurations parfois impressionnantes donnent une idée du grand âge. La science autorise même des retours précis vers le passé : un vestige de poteau médiéval renseigne sur l'arbre dont il est issu, et plus encore, sur le fonctionnement de la forêt qui l'a vu grandir. On peut connaître l'âge atteint par cet arbre au moment de son abattage au Moyen Âge, et de là remonter à la date de sa naissance à la fin de l'Antiquité. Un voyage dans le temps sidérant proposé par la dendrochronologie, qui permet d'estimer l'âge des arbres et de comprendre leur histoire, à partir du comptage et de l'analyse des cernes de croissance inscrits dans leur bois. À Besançon, l'actuel laboratoire

Chrono-environnement fut le premier en France à engager une équipe de recherche autour de cette technique inédite. Des instruments de mesure spécifiques à la dendrochronologie ont été développés et des premières datations effectuées dès les années 1980. Portant sur les habitats néolithiques de Chalain, le bâti gallo-romain ou médiéval, les charpentes du Haut Jura du XVIII^e siècle et jusqu'à celle de Notre-Dame, les analyses effectuées depuis représentent une somme colossale d'informations, servant la recherche en archéologie puis en écologie. « Le bois présente la particularité d'être à la fois un objet et un arbre », souligne Olivier Girard-clos, responsable de l'unité de dendrochronologie à Chrono-environnement. « Outre ses enseignements pour l'archéologie, c'est une archive naturelle, au même titre que les lacs ou les tourbières. Son étude aide à comprendre la dynamique forestière et les évolutions de l'environnement sur une période donnée. »

Des décennies de travail patient et innovant, d'analyse d'objets, de traitement de données, de mise au point d'instruments de mesure et d'élaboration de références, comme celle réalisée pour le sapin en France par François Blondel, alors en thèse à Chrono-environnement, encadré par Olivier Girardclos, et actuellement dendroarchéologue à l'université de Genève.

UNE EXPLOITATION FORESTIÈRE INTENSE

Ces recherches de longue haleine trouvent aujourd'hui une forme d'aboutissement et de reconnaissance dans un travail de synthèse consacré à la période romaine, produit par une équipe de recherche internationale. Signée par plus de vingt auteurs, cette synthèse a récemment fait l'objet d'un article scientifique dans la revue *PNAS*¹, à partir de données concernant 20 000 éléments en bois, dont pas moins de 3 000 ont été précisément datés et analysés à Chrono-environnement au fil des années. Pieux, canalisations, planches, puits de fondations des constructions, ces artefacts proviennent pour l'essentiel de l'Est et du Centre de la France, qu'ont rejoints dans l'étude des bois trouvés ailleurs dans l'Hexagone, ainsi qu'en Allemagne, Suisse, Autriche, Belgique, Luxembourg et aux Pays-Bas.

La synthèse corrobore les conclusions émises par les chercheurs bisontins pour les sites d'*Augustonemetum* (Clermont-Ferrand, Puy-de-Dôme) et d'*Oedenburg* (Biesheim, Haut-Rhin), qui à eux seuls ont livré un millier de bois archéologiques. « Les résultats montrent que les forêts d'Europe, du Nord des Alpes, ont été très exploitées durant l'Antiquité, surtout pendant la période romaine, entre le I^{er} siècle av. J.-C. et le V^e siècle ap. J.-C. La tendance est la même à l'échelle européenne

qu'au niveau local », rapportent Olivier Girardclos et François Blondel. Les analyses dendrochronologiques, en renseignant sur l'âge et la croissance des arbres, donnent aussi des éléments de connaissance sur leur provenance, sur la circulation du bois et les méthodes d'approvisionnement des Romains. Sur le site de Clermont-Ferrand, les chênes utilisés témoignent, en raison de caractéristiques de croissance comparables, de facteurs environnementaux identiques : il est probable qu'ils aient été coupés dans la même forêt, et transformés sur place. Les sapins, eux, dont les indicateurs de croissance se montrent plus hétérogènes, ont sans doute été abattus dans les massifs de la chaîne du Puy où ils ont été débités en planches, avant d'être transportés sur le site pour y être travaillés en fonction de leur usage : la distance implique une étape de transformation intermédiaire. Au camp d'*Oedenburg*, les armées romaines s'installent à la frontière du monde germain à partir de 14 ap. J.-C. Si localement la forêt avait déjà été très utilisée, son exploitation s'intensifie pour les besoins de construction du camp. « Il s'agit d'arbres anciens, ce qui signifie sans doute un développement des routes et du transport qui aurait favorisé l'accès à des forêts auparavant trop éloignées. » Vers les années 120, l'âge des arbres utilisés diminue de manière significative : une fois

la forêt éclaircie par les coupes, les chênes, qui sont sensibles à la lumière, ont grandi plus rapidement. Les arbres coupés sont donc beaucoup plus jeunes, pour un diamètre équivalent. C'est un signe d'une transformation des écosystèmes forestiers locaux,

et d'une surexploitation des ressources. À Clermont-Ferrand, le scénario est comparable, mais avec des usages du bois plus variés, comme l'artisanat ou le chauffage.

« La forêt locale a tellement été sollicitée qu'on observe un report du chêne vers le sapin au II^e siècle ap. J.-C., alors que la ville antique atteint sa dimension maximale. »

Grâce à la dendrochronologie, la synthèse des données produites par les chercheurs à partir de différents

sites archéologiques en Europe met en évidence l'importance de l'exploitation forestière à l'époque romaine et son impact sur la transformation de l'environnement. Elle invite à une meilleure compréhension de l'organisation des sociétés romaines et pose notamment la question de l'existence d'un système de gestion forestière à cette époque.

¹ *Proceedings of the National Academy of Sciences*

Contact :
Laboratoire Chrono-environnement
Université Marie et Louis Pasteur / CNRS
Olivier Girardclos
Tél. +33 (0)3 81 66 59 00
olivier.girardclos@univ-fcomte.fr

Les analyses donnent des éléments de connaissance sur la provenance des arbres, la circulation du bois et les méthodes des Romains



Dès le Moyen Âge et jusqu'à son rattachement au Comté de Bourgogne en 1664, puis à la France, Besançon était placée sous la souveraineté du Saint-Empire romain germanique. Sa vie politique et sa vie quotidienne étaient régies par des lois particulières. Une histoire longue de quatre siècles et pourtant méconnue, à découvrir de façon inédite dans l'ouvrage *Besançon, cité impériale* de l'historien Paul Delsalle.

CITÉ [IMPÉRIALE]

BESANÇON, C'ÉTAIT BYZANCE!

Lors de la mort de Ferdinand I^{er}, en 1565, les Bisontins avouèrent avoir reçu « tant de grâces, privilèges et concessions que la mémoire sera perdurable à la postérité »¹

Besançon n'a pas toujours été française, ni même franc-comtoise : pendant quatre siècles, elle fut une cité impériale et une ville libre. Un statut et un fonctionnement totalement originaux, âprement défendus par ses habitants depuis la fin du XIII^e siècle jusqu'en 1664, date à laquelle la ville-État est rattachée au comté de Bourgogne, la Franche-Comté actuelle, avant d'être annexée par le royaume de France dix ans plus tard. Besançon était donc placée sous la souveraineté de l'empereur du Saint-Empire romain germanique, une tutelle qui lui vaut, de façon étonnante, de se faire appeler Byzance dans nombre d'écrits en allemand ! L'un de ces empereurs était le célèbre Charles Quint, dont le nom reste emblématique dans la région. Mais de Maximilien I^{er} à Léopold I^{er}, huit autres empereurs ont assuré la fonction de souverain de Besançon, ce qui est de moins grande notoriété. Aucun d'entre eux en tout cas n'eut à se déplacer dans cette ville-État qui savait se gérer

sans problème. Cependant, les notables allaient volontiers à leur rencontre dans différentes villes de l'Empire, et les relations avec la population étaient loin d'être inexistantes. Tout ce qui se rapportait aux empereurs était d'une grande importance et faisait l'objet de manifestations publiques, depuis les festivités de rue lors de leur accession au trône jusqu'à la célébration de leurs obsèques dans les cathédrales de Besançon. De ces quatre siècles d'un passé aussi singulier, il ne reste pourtant presque aucune trace visible. Aucun portrait des empereurs ou des gouverneurs de la ville dans les musées, aucune rue portant leur nom. Une histoire politique absente de la mémoire collective, mais précieusement conservée dans les archives. Spécialiste de l'histoire de la Franche-Comté, qu'il a enseignée à l'UMLP, Paul Delsalle travaille sur celles de Besançon depuis trente-cinq ans. Au fil du temps, il a consulté et analysé quantité de documents, dont il propose une restitution, à l'attention du grand public comme des historiens, dans

< Les "Quatorze" co-gouverneurs de la cité impériale. Bibliothèque municipale, Ms 1016. Photo Paul Delsalle

L'ouvrage *Besançon, cité impériale*. Un dictionnaire reconstituant sous la forme de notices les morceaux épars d'un immense puzzle, pour la période 1500-1664. Un travail de première main, fondé sur des documents d'archives pour la plupart inédits. De délibérations de conseils municipaux en inventaires, de gravures illustrant la ville en dessins représentant ses habitants, Besançon se montre telle qu'à l'époque : une ville divisée en quartiers, appelés *bannières*, le mot *ban* signifiant pouvoir. « Les bannières étaient des circonscriptions administratives, électorales, fiscales et militaires [...], des espaces de pouvoir civil, fortement ancrés et qui, inévitablement, réduisaient l'emprise religieuse sur la population. » Battant, Charmont et Arènes se partageaient la rive droite du Doubs, et Chamars, le Bourg, Saint-Pierre et Saint-Quentin occupaient la « boucle ».

PRÉSIDENTE EN ALTERNANCE

La ville était administrée par quatorze gouverneurs, élus le 24 juin de chaque année par leurs pairs, au sein d'une assemblée de notables et de seigneurs eux-mêmes élus par les « chefs de feux », au sens de foyer, ou famille, de leur quartier. La présidence des gouverneurs était assurée en alternance chaque semaine. « Ce principe évite toute personnalisation du pouvoir dans une ville qui se dit république et s'inspire des idées de l'Antiquité. C'est pour cette raison que malgré leur puissance et leur influence, aucune des quelque cinquante familles qui forment l'élite ne se distingue en particulier, ne prend d'ascendant sur une autre, à la lecture des archives »,

explique l'historien. Le pouvoir des gouverneurs s'étendait à tous les domaines : administration, finance, justice, police... Ils étaient eux-mêmes des petits empereurs, des souverains disposant du droit de vie ou de mort sur les *Besançonnois*. Le voisinage direct du palais de justice et de l'hôtel de ville, autrefois hôtel *consistorial*, s'explique par le cumul de leurs fonctions : les deux bâtiments étaient à l'origine réunis dans un même ensemble immobilier enclos.

Avec 12 000 habitants et un espace suffisamment grand pour les accueillir en son centre, sans besoin de développer des faubourgs extérieurs, Besançon témoigne à l'époque d'une densité de population relativement faible. Elle change peu de visage, sans doute en raison d'une activité essentiellement tournée vers la culture de la vigne, figeant le paysage. Elle ne dispose pas d'industrie, mais l'artisanat y est varié. Les religieux et les lettrés, surtout des juristes, composent en grande majorité l'élite de la population de cette ville où l'on parlait français et latin.

« Besançon était de première importance en Europe car son archevêque, un personnage très puissant, était aussi prince du Saint-Empire. De ce fait, il siégeait à deux titres à la Diète, l'assemblée des représentants du Saint-Empire. »

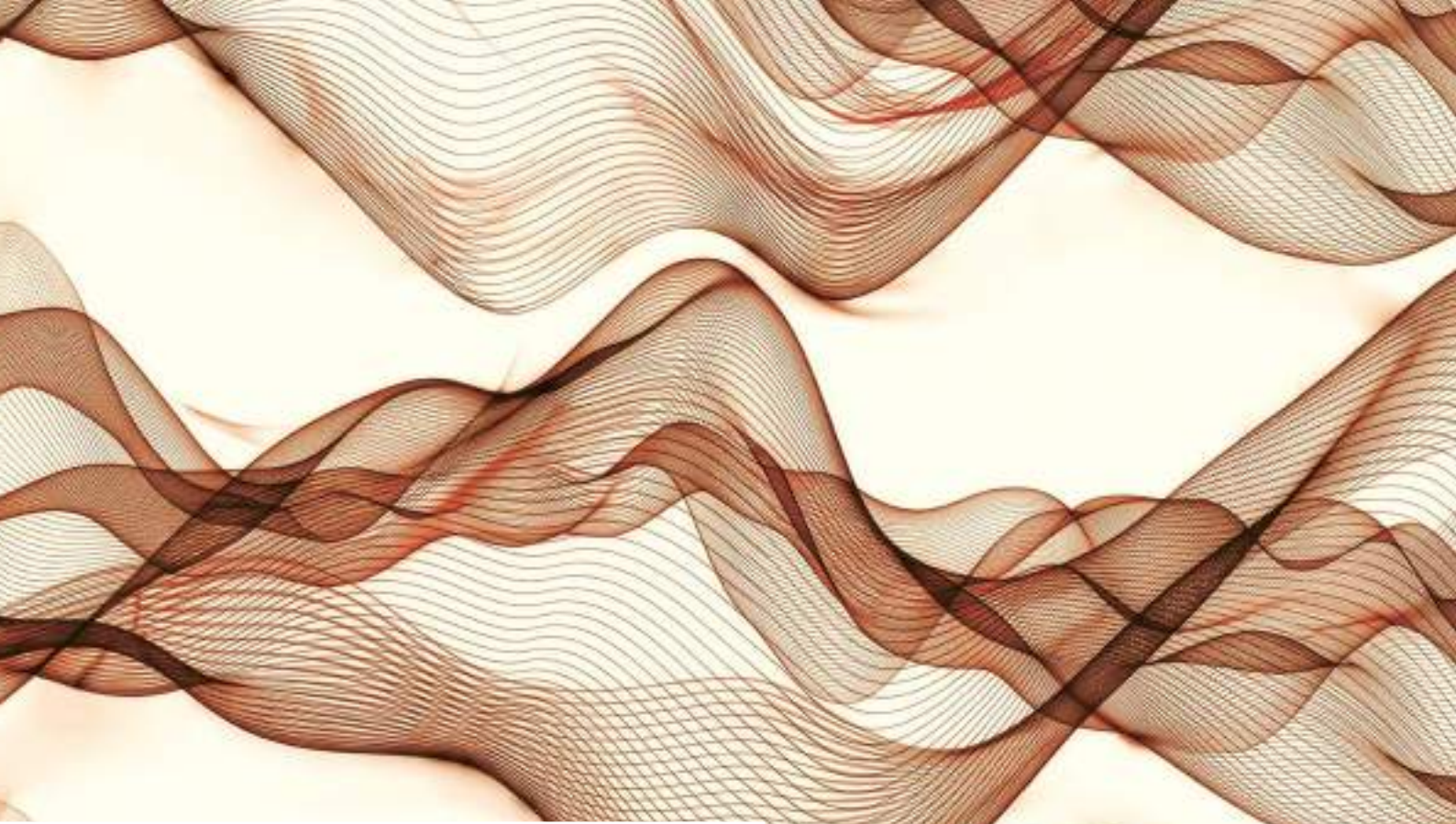
Des *Foires de Chamars* à la « Surprise » huguenote de 1575, des *Maisons et hôtels particuliers* de la ville au premier projet de *Citadelle*, piocher dans *Besançon, cité impériale*, au gré de ses deux cents notices, garantit un voyage insolite à la rencontre de ce passé exceptionnel de la ville.

¹ Extraits des notices *Ferdinand I^{er}* et *Vignoble*

Besançon vivait de l'exploitation de son vignoble et cela depuis la période médiévale, voire depuis l'époque gauloise : « Le vin est la vraie subsistance de la cité » disait-on à l'époque de Charles Quint¹



Delsalle P., *Besançon, cité impériale. 1500-1664*, éditions Cêtre, 2026.



C'est un langage universel : même si elle témoigne de différences de goûts, de sensibilités et d'intentions, la musique s'adresse à tous et se montre capable de rassembler. C'est un fil conducteur qui relie aussi toute une gamme de travaux scientifiques, par-delà les champs disciplinaires.

GRAND FORMAT [RHYTHM'N'TUNES]

MUSIQUE SUR TOUS LES TONS

D'OÙ VIENT L'HARMONIE ?

La structuration
de l'étendue
des sons repose
sur un schéma
mathématique
mis en évidence
dès la Grèce
antique

Avant le XIX^e siècle et le développement de la physique et de ses outils, comprendre la musique était du ressort des mathématiques. Au V^e siècle av. J.-C., Pythagore découvrait que l'harmonie des sons pouvait être décrite grâce à des rapports de nombres. Utilisant des cordes vibrantes de différentes longueurs, il constate dans ses expériences ce que les sciences acoustiques confirmeront des siècles plus tard comme étant des rapports de fréquence : avec deux cordes, l'une deux fois plus longue que l'autre, était révélée l'octave, puis selon d'autres rapports de nombres, la quinte, la quarte, la tierce. La structuration de l'étendue des sons repose ainsi sur un schéma mathématique mis en évidence dès la Grèce antique. « Il existait déjà plusieurs manières de créer de la musique, à partir de gammes différentes. Ce développement se poursuit jusqu'à la période baroque, réputée pour sa créativité foisonnante », raconte Stefan Neuwirth, enseignant-chercheur en mathématiques au LmB. C'est alors que Bach édite son *Clavier bien tempéré*, dont l'écriture des fugues et préludes révolutionne la façon de composer. « C'est un succès car cette gamme permet, pour une même mélodie, de produire différentes hauteurs de sons, de passer des graves aux aigus, d'une fréquence à une autre, alors que la composition baroque peine à assurer ces

Le Clavier bien tempéré de Bach va révolutionner la façon de composer

transpositions. » Une nouvelle ère s'annonce alors, celle de la musique classique et du tempérament égal.

De tout temps, la syntaxe musicale a donc été décrite mathématiquement. C'est une boîte à outils servant la créativité des musiciens, qui de manière générale affirment que la musique commence là où s'arrêtent les mathématiques... Sauf des compositeurs emblématiques de musique contemporaine comme les Américains Tom Johnson, qui est celui qui s'approche le plus de l'idée de produire une musique absolument mathématique, ou John Cage, qui laisse place au hasard et accueille toute sonorité imprévue dans sa musique expérimentale. « Ce type de musique s'écoute pour elle-même, elle a une forme objective d'existence. Elle ne repose pas sur l'émotion, mais sur la vie interne des sons. La démarche est très scientifique, pourtant ces musiques sont des chefs-d'œuvre esthétiques. Elles sont faciles à écouter, même si elles sont dérangeantes parce qu'elles ne nous sont pas familières », estime Stefan Neuwirth.

ÉPHÉMÈRES IMPROVISATIONS

La musique improvisée, elle, balait toutes les références fondamentales, s'affranchit de l'harmonie, de la mélodie, du rythme... et de l'écriture. « L'improvisation naît d'une interaction entre les musiciens, le public et le moment présent. Ce concept est proche de celui de la performance artistique, avec lequel il s'est développé au cours des années 1960 et 1970. » Par essence éphémère, la musique improvisée se crée et s'écoute en *live*. Et si des enregistrements réussissent à la capter, c'est principalement pour en garder une part de mémoire. Stefan Neuwirth établit un parallèle entre cette musique en construction permanente et les mathématiques dites

constructives, qui élaborent un infini toujours en développement, créatif et inventif. « La musique permet de mieux saisir ce qui se passe en mathématiques, par exemple les différences entre le hasard et le libre devenir, une démarche qui permet de repousser les frontières du savoir sans qu'on sache où cela va mener. » Aller vers l'inconnu, c'est aussi la position du chercheur. C'est donc à plus d'un titre et presque naturellement que la musique improvisée prend place dans le cursus des étudiants de Stefan Neuwirth, qui, avec la complicité de l'artiste sonore et musicien Olivier Toulemonde, leur propose un exercice peu banal : mettre en musique les

connaissances mathématiques qu'ils ont acquises pendant leurs trois années de licence.

« Les mathématiques sont une expérience rationnelle. Essayer de trouver une manière sensible de les étudier, de les traduire en sons, n'est pas chose facile ! Mais c'est en s'éloignant des maths qu'on peut mieux les comprendre... »

Les étudiants composent des pièces de quelques minutes, qu'ils restituent en fin de semestre en public. Fin 2025, leur dernière création portait sur les suites et les séries mathématiques. Un exercice enrichissant et une performance étonnante, à découvrir dans un concert ouvert à tous ou sur le site du LmB.

RYTHME ET MESURE SE SÉPARENT...

À l'Institut de littérature française de l'université de Neuchâtel, Christophe Imperiali étudie les liens entre littérature et musique, et s'intéresse à la notion de durée dans les formes poétiques et musicales au XIX^e siècle. Il met en évidence la façon dont le rythme s'est libéré parallèlement dans la poésie et la musique au fil de ce siècle, donnant à ressentir le temps de façon différente dans une œuvre. Une longue évolution, et un renouveau évoqué par le poète français Stéphane Mallarmé sous le nom de « crise de vers ». « Si la rupture, en poésie, est datée de 1886, elle était préparée de longue main par des assouplissements progressifs, et en gestation depuis un bon siècle », indique le chercheur. Auparavant, la poésie était régie par une organisation métrique, une division régulière du temps à laquelle devait se soumettre le contenu.



Les détracteurs
de la libération
de la mesure
considéraient
les formes
nouvelles
comme une
mise à mort de
l'esthétique



À paraître le 23 juillet 2026 aux PUF, La Politique en musique est un ouvrage édité sous la direction de plusieurs membres du laboratoire ELLIADD, et issu du projet de recherche «LaSiDo: La politique en musique» mené à l'UMLP. Le livre porte un «regard pluridisciplinaire sur la circulation des discours musicaux», réunissant historiens, politistes, musicologues, sociologues, chercheurs en littérature, en sémiotique, en sciences de l'information et de la communication, pour étudier les dimensions politiques de la musique.

L'alexandrin est ainsi composé de segments de douze syllabes, et césuré en son milieu. En musique, la partition est divisée en mesures comportant chacune un nombre d'unités de temps bien défini. Le rythme, lui, est par essence lié à la phrase, que ce soit en poésie, en musique ou même dans le langage. Il est indépendant de la mesure, mais les normes esthétiques classiques veulent qu'il coïncide le plus souvent avec elle. Puis les règles s'assouplissent peu à peu. Dans les derniers vers de Rimbaud, par exemple, même s'ils comportent douze syllabes, aucun accent ne tombe à l'endroit où on s'y attend, avec des phrases qui se terminent au vers suivant.

« Ce déplacement des accents et ces ruptures dans le rythme se développent dans la poésie romantique au XIX^e siècle. C'est une libération des formes qui conquiert de plus en plus de poètes. » Les accents commencent à se déplacer et à déborder de la structure syntaxique, mêlant l'indolence de vers longs à l'énergie de vers brefs : le vers libre rompt avec l'ordre établi. La musique suit une évolution comparable. La régularité fonde l'esthétique classique de musiciens comme Mozart ou Haydn. Les phrases comportent en général huit mesures et les accents, toujours placés sur les premiers temps, confèrent à la musique un rythme le plus souvent très régulier. À la jonction du classicisme et du romantisme, Beethoven penche vers l'assouplissement de la norme, qu'adopteront les compositeurs romantiques, tels que Berlioz ou Chopin. Et en poésie comme en musique, les détracteurs de la libération de la mesure considèrent les formes nouvelles comme un manque de compétences manifeste et une mise à mort de l'esthétique. D'autres, comme le compositeur allemand Robert Schumann dans les années 1830 ou le poète Mallarmé un demi-siècle plus tard, reconnaissent la qualité de telles compositions et s'enthousiasment pour ce renouveau, même si pour le second, il n'est pas question de le suivre.

Se gardant de tout jugement de valeur, Christophe Imperiali note l'importance et la richesse de la diversité pour la composition. « Chaque écrivain, chaque musicien construit son langage propre. L'attraction de la prose n'empêche pas la poésie, la régularité classique comme les effets de rupture du romantisme possèdent chacun leur beauté. »

PAROLES ET MUSIQUE

Souvent associée au texte, la musique s'empare presque naturellement de la littérature pour en devenir l'interprète. Enseignant-chercheur en musique au laboratoire ELLIADD/ UMLP, François-Gildas Tual prend pour exemple la mise en musique d'un recueil du poète allemand Eichendorff par Robert Schumann, pour montrer comment le musicien, mêlant ses notes aux vers d'un autre, raconte sa propre histoire. « Chaque signe musical devient un indice. La hauteur et la durée d'un son, l'ajout d'un accent ou d'une nuance, les dessins mélodiques ou rythmiques, le choix des tonalités, une mesure de plus dans une phrase : tout prend sens à la rencontre du texte. »

L'analyse révèle l'intention du compositeur, et par comparaison avec le poème, de dégager la plus-value apportée par la musique : un récit parallèle, une explication de texte avant même que viennent les mots, des aveux cryptés du compositeur réservés à quelques auditeurs qui disposent des clés de l'énigme.

Spécialiste de la musique des XX^e et XXI^e siècles, François-Gildas Tual met aussi en avant des compositions plus récentes. « Même la chanson française peut révéler une richesse et une complexité insoupçonnées. Textes et musiques témoignent parfois d'une étonnante amitié. » Ainsi, l'album *Le Fil* de la compositrice et interprète Camille : une seule note lie toutes les chansons entre elles, un bourdon qui relie et ligote à la fois. « L'album raconte une histoire, parle de violence, suit une progression. Il fait de



Photo Nacho - Pixabay

nombreuses références à d'autres chansons et à des textes littéraires. Montaigne y croise Murat et Gainsbourg. Il y est question de génération, de genre, de libre arbitre, de la difficulté de se réaliser et d'être soi-même », explique François-Gildas Tual. Mais bien qu'il mette la signification musicale à notre portée, le texte souvent nous échappe, faute d'une écoute attentive. L'analyse des chansons des Fatals Picards, confirmée par une rencontre avec l'auteur des textes, témoigne plus d'un désenchantement politique que d'une musique engagée. « Ce ne sont pas réellement des chants de partisans. Ce qui ressort, c'est la nostalgie d'un engagement politique, celui des parents et des grands-parents, d'une façon de vivre cet engagement. »

La musique a sa propre façon de dire les choses. Elle ne se contente pas de répéter les mots, ni même de les compléter. Elle a son propre discours. « Mais les mots

eux-mêmes peuvent révéler de la musique, et à l'issue d'analyses comparatives rigoureuses, de fascinants secrets », conclut François-Gildas Tual.

DES ŒUVRES AU DIAPASON

« Même la
chanson
française peut
révéler une
richesse et une
complexité
insoupçonnées.
Textes et
musiques
témoignent
parfois d'une
étonnante
amitié »

La musique tisse également des liens avec les arts visuels, notamment la peinture, dont elle livre aussi ses interprétations. Là encore, une production inspire la création d'une seconde, et chacune est une œuvre à part entière. La religion, la mort, l'art, l'histoire, la mythologie sont des thèmes récurrents dans les arts figuratifs à la charnière des XIX^e et XX^e siècles, dont certains compositeurs se font l'écho. Franz Liszt figure ainsi au premier plan des recherches menées par Laurence Le Diagon-Jacquin sur cette thématique.

Professeure de musicologie au laboratoire CRIT à l'UMLP, dont elle dirige le département de musicologie, Laurence Le Diagon-Jacquin s'appuie sur la méthode iconographique de l'historien de l'art Erwin Panofsky pour établir des analyses comparées entre la peinture et la musique. À l'agencement d'un tableau répond la structure générale d'une construction musicale, selon un premier niveau de lecture qui laisse également apparaître comment les thèmes et les personnages sont figurés musicalement. Viennent ensuite les « significations secondaires », celles des allégories et des symboles. Le squelette, figure allégorique de la mort, se transpose ainsi en musique dans un intervalle triton à la tension exacerbée, interdit au Moyen Âge pour sa connotation diabolique. Un troisième niveau de lecture s'attache à la signification universelle de l'œuvre, à sa portée philosophique, religieuse, historique ou encore artistique. Laurence Le Diagon-Jacquin a décrypté selon cette méthode, par exemple, un *oratorio* de Liszt, œuvre vocale religieuse directement inspirée d'une fresque du peintre Moritz von Schwind en hommage à Élisabeth de Hongrie, princesse canonisée pour avoir choisi de renoncer à la vie que lui promettait sa condition et se consacrer aux pauvres. « Toute la musique de Liszt est codée, renvoie à des significations. Pour cet *oratorio*, outre les éléments de sa propre rhétorique, il fait appel à des thèmes supplémentaires, hongrois, grégoriens... Les études montrent d'ailleurs qu'il s'est trompé sur l'un d'eux, qui fait bien référence à Sainte Élisabeth, mais du Portugal et non de Hongrie. Le compositeur aurait été mortifié d'apprendre son erreur ! », raconte Laurence Le Diagon-Jacquin. La chercheuse explique que l'émotion suscitée par la musique provient

La répétition
d'un motif donne
à la musique
un caractère
hypnotique ; son
rythme s'accélère
et la musique
devient plus
dissonante à
mesure que le
joueur-vampire
rapproche sa
victime d'un
destin funeste

des éléments signifiants que le compositeur a mis en œuvre. L'utilisation de la gamme chromatique par exemple, comme chez Bach, permet de traduire la douleur ou de créer une atmosphère inquiétante. « Cette rhétorique musicale est aussi employée au cinéma, dont les bandes sons traduisent des effets visuels en recourant aux mêmes procédés. »

Ou en utilisant des œuvres du répertoire, comme le poème symphonique de Strauss, *Ainsi parla Zarathoustra* (1896), qui se prête de la meilleure manière au film *2001, L'Odyssée de l'espace* (1968). Dans *Dr Jekyll et Mister Hyde* de Rouben Mamoulian, réalisé en 1931, la fiancée du médecin, personnage inventé par les scénaristes, joue du piano. Cette scène évoque son appartenance à une bonne famille et une éducation bourgeoise. « Mais la musique comporte une signification supplémentaire : la pièce de Schumann exécutée par la jeune femme présente deux thèmes à la fois opposés et liés entre eux, renvoyant ainsi à la double personnalité du protagoniste. »

DANS LA PEAU DU VAMPYR

Dans la thèse en ludomusicologie qu'il prépare au laboratoire CRIT sous la supervision de Laurence Le Diagon-Jacquin, William Richard s'intéresse également à l'univers fantastique, par le biais d'un autre média, le jeu vidéo. Se couler dans la peau d'un personnage fictif, s'immerger dans un univers déconnecté de la réalité, avoir la capacité d'agir sur le déroulé d'une histoire, c'est ce que propose le jeu vidéo, avec le soutien de la musique, et que réussit parfaitement *Vampyr*. Dans un contexte post-apocalyptique qui voit Londres ravagée par la grippe espagnole après la Première Guerre mondiale, le jeu met en scène un médecin transformé en vampire, tiraillé entre ses pulsions sanguinaires et sa volonté de venir en aide à la population. Pour la première fois à portée de console de façon aussi singulière, le rôle du vampire est confié au joueur lui-même. Le jeu se prête particulièrement bien à l'objectif du jeune chercheur : déterminer comment la musique et les sons aident à l'immersion du joueur. « Très particulier par son thème, *Vampyr* concerne un public restreint et motivé », précise-t-il. Le niveau d'intérêt et de concentration du joueur donne la possibilité de détailler les différents degrés d'immersion qu'il peut atteindre, et de voir comment la musique participe au processus.

William Richard constate : « Comme dans les films fantastiques, le violoncelle est l'instrument de prédilection pour personnifier le vampire.

Les procédés musicaux utilisés dans le jeu sont les mêmes que dans *Dracula* ou *Entretien avec un vampire*, mais ils sont adaptés pour être interactifs. » Ainsi, lorsque le joueur décide d'une action, la musique suit. Les éléments sonores se déclenchent en temps réel. La répétition d'un motif donne à la musique un caractère hypnotique ; son rythme s'accélère et la musique devient plus dissonante à mesure que le joueur-vampire rapproche sa victime d'un destin funeste. « La musique illustre l'action et renforce le sentiment de contrôle du joueur. Cette interactivité existe dans tous les jeux vidéo, mais dans *Vampyr*, elle est résolument au centre du processus créatif du compositeur, Olivier Derivière. »

Interactivité et musique, employées de façon plus ou moins concomitante selon les scènes, sont deux composantes indispensables du jeu vidéo narratif.

« La bande son doit servir à la fois le concept média et l'illustration musicale de la figure du vampire », indique William Richard.



Photo Ri Butov - Pixabay

TEMPS ET CONTRETEMPS

Le son, le rythme, le texte, la façon de jouer, le mouvement du corps, c'est l'orchestration de tout un ensemble qui concourt à faire de la musique un vecteur de communication. Du jazz au hip-hop en passant par le punk, le message est politique, l'esprit de résistance souffle, les réalités sociales d'une époque se font jour. En marge des courants dominants, la contre-culture se montre libre et créative, parle de l'individu, de son vécu, de ses révoltes. Elle oppose sa singularité au concept d'unissonance, dont l'exemple le plus symbolique est celui de l'hymne national entonné en chœur par des citoyens ne formant qu'un seul corps, le temps d'un chant fédérateur. Ce que la musique fait au corps, le fait se déchaîner sur une scène de festival ou le met au pas dans les défilés militaires, est un angle original de recherche en STAPS¹. Au laboratoire C3S de l'UMLP, l'historien du sport Yann Descamps s'intéresse à la façon dont corps et musique s'accompagnent l'un l'autre, et comment, ensemble, ils composent un message politique.

Que se passe-t-il alors quand des concepts *a priori* opposés se rencontrent, la culture classique et la contre-culture, le passé et le présent, la guerre et la paix ?

Les cérémonies des Jeux olympiques sont pour le chercheur un terrain d'observation privilégié : « Autour du corps sportif, il s'établit des dialogues entre héritage antique et monde actuel, entre propos pacifistes et esprit de compétition. Parmi les moyens artistiques mis en œuvre dans ces cérémonies, la musique est peut-être celui qui a le plus de chances de réunir. À ce titre, Paris 2024 représente, sans conteste dans l'histoire contemporaine des Jeux, l'expérience la plus aboutie d'une alchimie voulue entre tradition et modernité. » Aya Nakamura chantant Aznavour sur le pont des Arts, accompagnée des musiciens

de la Garde républicaine et des choristes du Chœur de l'Armée française, en est un exemple très parlant. Même si l'épisode est loin de faire l'unanimité, grâce à la musique le dialogue se crée, le message est fort, et il passe. Le choix d'associer de la musique classique, la bande originale d'un film populaire comme *La Boum* et l'hymne national procède de la même volonté de montrer les différentes facettes de l'identité française.

Présente partout, l'émotion culmine avec l'interprétation par Céline Dion de *L'hymne à l'amour* de Piaf, partie prenante du patrimoine culturel français, qui touche la corde sensible du public, tout comme la reprise de *Imagine*, titre universel s'il en est, et passage obligé : la chanson de Lennon correspond aux valeurs de paix universelle prônées par le CIO, qui l'inscrit au fil des olympiades à son cahier des charges. « Jouer sur l'émotion est aussi une manière de rendre invisible la dimension politique des Jeux et de gommer ses contradictions », relève Yann Descamps.

CORPS PUNK SOUS INFLUENCE

Jouer ou écouter de la musique dans une grange, un bar ou une salle de concert, physiquement, quelle différence ? C'est par le biais du registre punk que Sacha Thiébaud a commencé à étudier les liens entre la musique et le corps.

Au cours de sa thèse effectuée au laboratoire C3S et soutenue fin 2024, le jeune chercheur a mené ses investigations en Franche-Comté : il a rencontré des gérants de cafés-concerts et d'associations, des organisateurs de soirées, des musiciens, des spectateurs, des accompagnants de scènes

Du jazz au hip-hop en passant par le punk, le message est politique, l'esprit de résistance souffle, les réalités sociales d'une époque se font jour



Photo Nainoa Shirazu - Unsplash

¹ Sciences et techniques des activités physiques et sportives

MASTER OF ARTS EN ETHNOMUSICOLOGIE

Les pratiques musicales sont partie prenante de l'invention et du fonctionnement des sociétés, et les étudier ouvre une porte vers une meilleure compréhension du monde. C'est là l'objectif



Ouvrage paru en juin 2026 aux Éditions Mélanie Seteun. « À partir d'enquêtes menées en France et en Suisse, il montre comment la catégorie du "sauvage" oriente les façons d'écouter, de décrire et de pratiquer la musique. »

de l'ethnomusicologie, dont une formation de master, particulièrement complète et rare à l'échelle mondiale, est proposée à l'université de Neuchâtel. Ce *Master of Arts* réunit en effet trois approches qui fondent historiquement la discipline.

Comme en témoigne le descriptif de la formation, ce sont « les paramètres historiques et formels retenus par les musicologues ; les contextes et les usages sociaux privilégiés par les ethnologues ; l'acquisition de connaissances par la pratique musicale cultivée au sein des conservatoires ».

La Haute école de musique de Genève, l'Institut d'ethnologie de l'université de Neuchâtel et l'unité de musicologie de l'université de Genève, dont les champs de compétences correspondent chacun à l'une de ces approches, sont les partenaires du master, qui cette année fête ses dix ans. « Un événement organisé en septembre sera l'occasion de revenir sur l'émer-

gence de ce cursus, son évolution au fil des années, les devenir professionnels des *alumni* et les enjeux actuels de la filière », indique Alice Aterianus-Owanga, responsable du master à l'UniNE. Aucune limite géographique ou frontière musicale n'est fixée au programme du master, qui s'ouvre à des pratiques souvent oubliées par la sphère académique, comme les musiques populaires ou les musiques non occidentales. Les sujets des mémoires réalisés par les étudiants témoignent de cette diversité : les harmonies municipales frontalières de l'Arc jurassien, les boîtes à musique de L'Auberson dans le Jura vaudois, les musiciens des rues de Naples ou encore l'importance de la musique dans la communauté mennonite du Jura bernois en sont quelques exemples traités ces dernières années. Pour en savoir plus, rendez-vous sur le site de l'Institut d'ethnologie de l'université de Neuchâtel : www.unine.ch/ethno.

institutionnelles. Au total, pas moins de 65 entretiens lui ont donné matière à saisir la façon dont se construit le « corps punk ». « Différents paramètres et interactions entrent en ligne de compte, liés notamment aux endroits où se produisent les musiciens. De ces lieux dépend le degré d'autonomie dans la pratique musicale et la réception du public, c'est une relation qui impacte directement le corps, autant des danseurs devant (ou sur) la scène que des musiciens. »

Trois types de lieux, trois mondes différents. Le monde *underground* est fait d'endroits plutôt isolés géographiquement, de caves, de hangars, des lieux permissifs où la spontanéité a toute sa place. Ce sont des lieux souvent connus des seuls initiés. Le monde intermédiaire est celui des bars et des pubs, davantage contraints par des horaires ou l'attention à porter au voisinage, mais dont le rôle en faveur de l'expression de la contre-culture est primordial. « Le bar Les Passagers du zinc à Besançon, dont l'influence pour la culture punk et d'autres cultures alternatives dépasse largement les frontières de la ville et même de la région depuis des années, est un très bon exemple de l'engagement dont savent faire preuve les structures de type café-concert. »

Le monde institutionnel est, lui, le plus encadré. Des scènes comme le Moloco à Audincourt ou la Rodia à Besançon mettent en place un dispositif d'accompagnement confrontant les musiciens punks à de nouvelles normes de jeu, qui



Photo William Gallardo - Pica bay



contribuent à redéfinir ce que sont les corps punks aujourd'hui ; les effets de mise en scène sont souvent pensés en amont, par exemple. Ces structures offrent une visibilité auprès du grand public, motivant, parmi d'autres facteurs, les musiciens à s'y rendre. « Le punk est une manière de jouer de la musique, mais aussi de danser, permettant l'expression des corps détachés des normes de tenue à respecter au quotidien. C'est une musique qui procure des sensations fortes, se partage et se vit en *live* », constate Sacha Thiébaud.

Très peu de travaux sur la musique investissent la recherche en STAPS. Au C3S, Sacha Thiébaud continue à explorer l'influence de la musique sur le corps sportif. Il étudie notamment comment elle favorise l'individualisation ou au contraire crée une culture d'appartenance autour de la pratique sportive.

VARIATIONS SUR LA MARSEILLAISE

L'insurrection et la contestation forment les paysages sonores étudiés par Maxime Kaci, plus particulièrement dans le contexte de la Révolution française. Enseignant-chercheur en histoire au Centre Lucien Febvre / UMLP, Maxime Kaci rapporte que pas moins de 3 000 œuvres musicales ont été composées pendant la période révolutionnaire.

Ses recherches visent à en connaître les pratiques, les utilisations et la circulation. « Plus de 80 % de ces chansons ont été composées à partir de timbres musicaux issus de l'Ancien Régime », souligne l'historien. Des airs connus de tous, facilitant la mémorisation des paroles, et invitant à la parodie. *La Marseillaise* est sans nul doute l'exemple le plus célèbre des évolutions et des adaptations produites sur une œuvre musicale depuis plus de deux siècles. D'abord *Chant de guerre* pour l'armée du Rhin, la création du Jurassien Rouget de Lisle répond à une commande du maire de Strasbourg, en vue de galvaniser les troupes devant la menace autrichienne en 1792. Composée sous la monarchie, la chanson prend quelques mois plus tard son caractère révolutionnaire et le titre de *Marseillaise*, en hommage aux volontaires de la cité phocéenne partis défendre la Révolution à Paris, et qui l'ont popularisée au cours de leur périple à travers la France. Passant de la monarchie à la révolution, de l'extérieur à l'intérieur des frontières, celle qui deviendra l'hymne national est un appel au combat efficace, impressionnant et électrisant.

Au fil du temps, la chanson s'enrichit de couplets qui célèbrent de nouveaux succès des armées, devient chanson à boire dans des parodies plus légères que militaires. Ses versions contemporaines continuent de créer la surprise ou la polémique : Django Reinhardt l'arrange en jazz manouche festif au sortir de la Seconde Guerre mondiale, Serge Gainsbourg lui donne des airs de reggae à la fin des années 1970. Charlélie Couture la personnifie avec poésie en 2006. « *La Marseillaise* traduit toujours des conceptions du monde qui s'opposent. La chanteuse lyrique guadeloupéenne Axelle Saint-Cirel l'interprète aux Jeux de Paris 2024, 35 ans après la cantatrice noire américaine Jessye Norman pour le bicentenaire de la Révolution. Cela peut rester une source de crispation, car cette vision inclusive de la nation n'est pas partagée par tous. » *La Marseillaise* a cependant toujours allègrement passé les frontières, et avec elle d'autres chants révolutionnaires français : de tout temps exportés, ils ont pris dans plusieurs pays les couleurs et les valeurs locales des contestations. Les résultats des recherches menées autour de *La Marseillaise* font l'objet d'une *story map*, une carte narrative à destination du grand public qui racontera son histoire, sa diffusion, ses évolutions et son succès, à découvrir dès cet été sur le site de la MSHE.

Contacts :

Université Marie et Louis Pasteur

Laboratoire de mathématiques
de Besançon - LmB
Stefan Neuwirth
Tél. +33 (0)6 95 94 32 67
stefan.neuwirth@umlp.fr

Laboratoire ELLIADD
François-Gildas Tual
Tél. +33 (0)6 30 61 46 24
francois-gildas.tual@umlp.fr

Laboratoire CRIT
Laurence Le Diagon-Jacquelin
laurence.le_diagon@umlp.fr

William Richard
Tél. +33 (0)6 62 25 66 67
william.richard@umlp.fr

Laboratoire C3S
Yann Descamps / Sacha Thiébaud
Tél. +33 (0)3 81 66 67 16
yann.descamps@umlp.fr
sacha.thiebaud@umlp.fr

Centre Lucien Febvre
Maxime Kaci
Tél. +33 (0)3 81 66 54 33
maxime.kaci@umlp.fr

Université de Neuchâtel

Institut de littérature française
Christophe Imperiali
Tél. +41 (0)32 718 18 23
christophe.imperiali@unine.ch

Institut d'ethnologie
Alice Aterianus-Owanga
Tél. +41 (0)32 718 17 18
alice.aterianus-owanga@unine.ch

en-direct

Service Sciences, arts et culture
Université Marie et Louis Pasteur
Tél. +33 (0)3 81 66 20 06 / 20 88
Journal-EnDirect@univ-fcomte.fr
endirect.univ-fcomte.fr
Directeur de la publication :
Hugues Daussy

Rédaction, composition :
Catherine Tondu
Diffusion, site web : Julie Brandelik
Conception graphique et
couverture : Gwladys Darlot
Impression : L'imprimeur Simon,
Ornans / Imprim'vert.

EN DIRECT EST ÉDITÉ PAR :

**Université
Marie et Louis Pasteur^{1/2}**
1, rue Claude Goudimel
25030 Besançon cedex
Président : Hugues Daussy
Tél. +33 (0)3 81 66 50 03

SUPMICROTECH^{1/2}

Chemin de l'Épitaphe
25030 Besançon cedex
Directeur : Pascal Vairac
Tél. +33 (0)3 81 40 27 00

Université de Neuchâtel¹

Avenue du 1^{er} mars 26
CH - 2000 Neuchâtel
Rectrice : Deniz Gyger Gaspoz
Tél. +41 (0)32 718 10 20

EN ASSOCIATION AVEC :

**Université de technologie
de Belfort-Montbéliard^{1/2}**
90010 Belfort cedex
Directeur : Ghislain Montavon
Tél. +33 (0)3 84 58 30 00

Haute Ecole Arc¹

Espace de l'Europe 11
CH - 2000 Neuchâtel
Directeur : Tristan Maillard
Tél. +41 (0)32 930 11 11

ISSN : 0987-254 X (imprimé), 3037-0272 (en ligne). Dépôt légal : à parution.
Commission paritaire de presse : 2262 ADEP. 6 numéros par an.
Pour s'abonner gratuitement, formulaire en ligne sur endirect.univ-fcomte.fr
Suivez-nous sur LinkedIn : [company/journal-en-direct](https://www.linkedin.com/company/journal-en-direct)

¹ Établissement membre de la Communauté du savoir, réseau de collaboration de l'Arc jurassien franco-suisse. ² Membre fondateur de l'établissement public expérimental (EPE) Université Marie et Louis Pasteur (UMLP).