

La conservation  
préventive  
dans les demeures  
historiques et les  
châteaux-musées

Méthodologies  
d'évaluation  
et applications

SilvanaEditoriale

# **La conservation préventive dans les demeures historiques et les châteaux-musées.**

**Méthodologies d'évaluation  
et applications**

Colloque de l'Établissement public  
du château, du musée et du domaine national  
de Versailles (EPV),  
de l'Association des résidences  
royales européennes (ARRE)  
et du Centre de recherche  
du château de Versailles (CRCV)

en collaboration avec le Comité international pour  
les demeures historiques-musées (ICOM-DEM HIST)  
au musée national des châteaux de Versailles  
et de Trianon

Du 29 novembre au 1<sup>er</sup> décembre 2017

## **Actes du colloque**

**Sous la direction scientifique de**  
Danilo Forleo  
*Chargé de la conservation préventive  
et responsable du programme EPICO,  
Musée national des châteaux de Versailles  
et de Trianon*

**Coordination éditoriale**  
Nadia Francaviglia  
*Attachée de recherche pour le programme EPICO,  
Centre de recherche du château de Versailles*

**Traductions**  
Clarisse Le Mercier, Camila Mora

Cet ouvrage rassemble les présentations des intervenants du colloque international organisé dans le cadre du programme de recherche EPICO (European Protocol In Preventive Conservation) par :  
L'Établissement public du château, du musée et du domaine national de Versailles  
Catherine Pégard, *présidente*  
Laurent Salomé, *directeur du musée national des châteaux de Versailles et de Trianon*  
Thierry Gausseron, *administrateur général*  
L'Association des résidences royales européennes  
Le Centre de recherche du château de Versailles

**Avec la participation de :**  
Ministère de la Culture  
ICOM-DEMIST (Comité international pour les demeures historiques-musées)

#### Comité scientifique

Lorenzo Appolonia, *président, Groupe italien de l'Institut international pour la conservation- IGIIC*  
Florence Bertin, *responsable du service conservation préventive et restauration, Musée des Arts décoratifs - MAD*  
Michel Dubus, *coordinateur du groupe ICOM-CC sur la conservation préventive, Centre de recherche et de restauration des musées de France - C2RMF*  
Danilo Forleo, *chargé de la conservation préventive et responsable du programme EPICO, musée national des châteaux de Versailles et de Trianon*  
Nadia Francaviglia, *attachée de recherche pour le programme EPICO, Centre de recherche du château de Versailles*  
Agnieszka Laudy, *adjointe au chef du département de l'Architecture, Musée du palais du roi Jean III, Wilanów*  
Bertrand Lavedrine, *directeur, Centre de recherche sur la conservation des collections - CNRS*  
Béatrice Sarrazin, *conservateur général, musée national des châteaux de Versailles et de Trianon*  
Sarah Staniforth, *ancienne présidente, Institut International pour la Conservation - IIC*

#### Comité d'organisation

Elena Alliaudi, *coordinatrice, Association des résidences royales européennes*  
Hélène Legrand, *assistante coordination, Association des résidences royales européennes*  
Matilde-Maria Cassandro-Malphettes, *secrétaire général, Centre de recherche du château de Versailles*  
Bernard Ancer, *chargé des affaires générales, Centre de recherche du château de Versailles*  
Olivia Lombardi, *assistante de direction, Centre de recherche du château de Versailles*  
Serena Gavazzi, *chef du service mécénat, Établissement public du château du musée et du domaine national de Versailles*  
Noémie Wansart, *collaboratrice scientifique, musée national des châteaux de Versailles et de Trianon*

#### Remerciements

Lorenzo Appolonia, Lionel Arzac, Jean-Vincent Bacquart, Wojciech Bagiński, Jérémie Benoît, Marie-Alice Beziaud, Céline Boissiere, Anne Carasso, Élisabeth Caude, Gabrielle Chadie, Thibault Creste, Stefania De Blasi, Elisabetta Brignoli, Hélène Dalifard, Gaël de Guichen, Ariane de Lestrang, Festese Devarayar, Françoise Feige, Christophe Fouin, Éric Gall, Thomas Garnier, Roberta Genta, Denis Guillemard, Michelle-Agnoko Gunn, l'équipe du Grand Café d'Orléans, Pierre-Xavier Hans, Nicole Jamieson, Thierry Lamouroux, Marie Leimbacher, Nadège Marzanato, Béatrice Messaoudi, Stefan Michalski, Christian Milet, Marya Nawrocka-Teodorczyk, Marco Nervo, Lucie Nicolas-Vullierme, Clotilde Nouailhat, Agnieszka Pawlak, Amaury Percheron, Arnaud Prêtre, Gérard Robaut, Bertrand Rondot, Valériane Rozé, Béatrice Sarrazin, Béatrix Saule, Didier Saulnier, Emma Scheinmaenn, Violaine Solari, Emilie Sonck, Pauline Tronca, Rémi Watiez, Thierry Webley, Sébastien Zimmerman



Avec le mécénat de



# La surveillance d'émission acoustique des meubles baroques comme outil de diagnostic pour l'introduction d'une veille climatique dans une demeure historique

## Résumé

La demeure de Knole, dans le Kent, en Angleterre, abrite une collection de meubles parmi les plus importantes au niveau international, allant de la fin du XVII<sup>e</sup> au début du XVIII<sup>e</sup> siècle, ainsi que des intérieurs du début du XVII<sup>e</sup> siècle tout aussi remarquables. De nombreux objets sont restés exposés dans les mêmes pièces pendant trois cents ans et donc soumis au climat naturellement humide d'un bâtiment non chauffé. Actuellement un chauffage de conservation est en cours d'installation dans le but de réduire l'humidité relative et d'offrir un environnement plus sain aux collections. Afin d'éviter le dessèchement ou la dessiccation pendant la transition vers cet environnement plus sec, une surveillance des émissions acoustiques (EA) est utilisée pour évaluer la réponse environnementale des meubles peints et dorés lorsque l'humidité relative est abaissée. La surveillance des EA des pièces de mobilier baroque a montré que leur réponse était très faible dans l'environnement existant à HR élevée avec de faibles augmentations de la réponse lorsque le contrôle de l'environnement a été introduit.

## Mots clés

Baroque, mobilier, humidité relative, chauffage de conservation, émission acoustique.

**K**nole, dans le Kent, en Angleterre, est l'une des plus grandes et plus importantes demeures historiques de propriété du National Trust (Fig. 1). Il s'y trouve une collection de mobilier royal Stuart de la fin du XVII<sup>e</sup>-début XVIII<sup>e</sup> siècle de renommée internationale, qui fut acquise par la famille Sackville, grâce à ses relations avec la royauté et la diplomatie. Ancien palais archiépiscopal construit par Thomas Bourchier, archevêque de Canterbury (1454-1486), Knole fut donné à Henri VIII en 1538. En 1570, la Couronne le revendit à Sir Thomas Sackville (1536-1608) qui remodela les intérieurs selon les goûts de la Renaissance nordique entre 1605 et 1608, peu de temps après avoir été élevé à la pairie par James I<sup>er</sup> en 1604 en tant que 1<sup>er</sup> comte de Dorset.

Le 6<sup>e</sup> comte, Charles Sackville, obtint le mobilier royal Stuart comme « gratification » pour son rôle de Lord Chamberlain auprès de Guillaume d'Orange et Marie Stuart, et l'installa à Knole en 1701 pour remplacer le mobilier du 1<sup>er</sup> comte qui avait été saisi et vendu par le Commonwealth en guise de rétribution pour le soutien du 4<sup>e</sup> comte, Charles Sackville (1591-1652), au roi Charles I<sup>er</sup>.

## Nigel Blades

National Trust pour l'Angleterre, le Pays de Galles et l'Irlande du Nord, Royaume-Uni  
nigel.blades@nationaltrust.org.uk

## Katy Lithgow

Ancien directeur responsable de la conservation, National Trust for England, Wales and Northern Ireland, Royaume-Uni  
katy@perry-lithgow.co.uk

## Martha Infray

National Trust pour l'Angleterre, le Pays de Galles et l'Irlande du Nord, Royaume-Uni  
Martha.Infray@nationaltrust.org.uk

## Lisa O'Hagan

National Trust pour l'Angleterre, le Pays de Galles et l'Irlande du Nord, Royaume-Uni  
Lisa.OHagan@nationaltrust.org.uk

## Marcin Strojecki

Institut Jerzy Haber de catalyse et de chimie de surface, Académie Polonaise des Sciences, Pologne  
nestroje@cyf-kr.edu.pl

Fig. 1

La façade ouest de la demeure Knole.  
(© National Trust Images / Robert Morris)



Les charmes de ce mobilier ancien ont attiré de nombreux visiteurs à Knole dès la fin du xviii<sup>e</sup> siècle. En 1874, Reginald Mortimer, 1<sup>er</sup> Lord Sackville, découvrit ce qu’impliquait que des milliers de visiteurs visitent la demeure : « [...] les gens s’aventuraient hors des parties autorisées, pénétraient dans nos chambres, déchiraient les franges des chaises et des divans et faisaient toutes sortes de choses. Je me suis senti obligé de fermer le lieu » [Sackville-West, 2010]. Bien que les visites aient repris à sa mort en 1888, quoique à un moindre niveau, et que les collections aient été réparées, souvent en recyclant des textiles autochtones, en raison du coût énorme de l’entretien et de l’augmentation des impôts au xx<sup>e</sup> siècle, en 1946 la demeure vendue au National Trust et son contenu tint guise d’impôts.

Bien que dans la seconde moitié du xx<sup>e</sup> siècle, des travaux de conservation-restauration sur des pièces particulièrement importantes, comme la chambre à coucher du roi, et la réparation d’autres objets aient été entrepris, actuellement le bâtiment et sa collection internationale sont en rapide déclin – de nombreuses fuites au niveau des murs et du toit ainsi que l’absence de contrôle environnemental dans les salles d’exposition historiques ont rendu le bâtiment et son contenu instables et en mauvais état. Des dommages physiques et esthétiques ont été causés par des insectes nuisibles tels que des larves d’*anobium punctatum* (xylophage), la formation de moisissures et la cémentation de la poussière en « boue » en raison de la formation de calcite et d’exo-polymères collants produits par des bactéries en milieu humide [Brimblecombe *et al.*, 2009 ; Tarnowski *et al.*, 2004].

Bien que la conservation curative soit indispensable, les contraintes de temps, d’argent et la nécessité d’élaborer une approche de conservation sur mesure pour prolonger la vie de collections aussi importantes et surtout fragiles limitent la rapidité avec laquelle de tels travaux peuvent être réalisés.

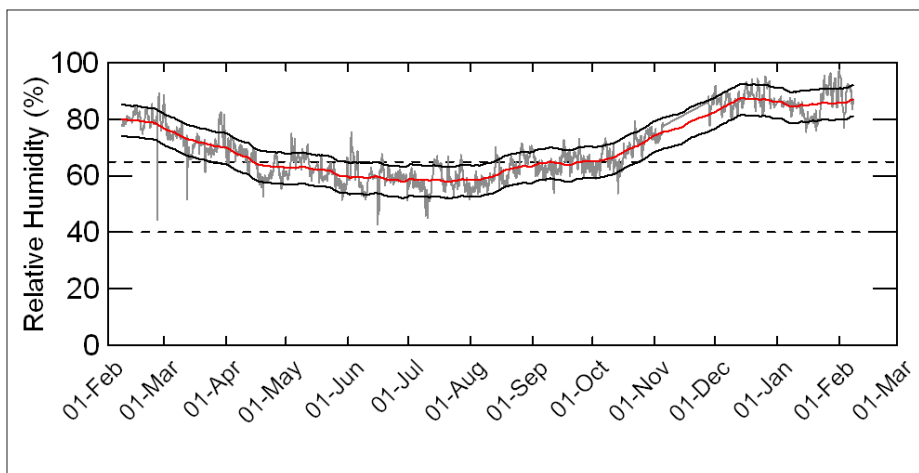


Fig. 2  
Le taux de HR dans la Chambre à coucher étoilée de Knole, 2015-2016. La HR mesurée est affichée en gris avec la moyenne mobile sur 30 jours en rouge. Les lignes noires continues indiquent 7 % et 93 %, représentant la plage de variation d'HR définie par la norme EN15757. Les lignes en pointillés définissent la bande de surveillance d'HR 40-65 % du National Trust.

Le National Trust a pour objectif de présenter les collections dans un état « original », dans la mesure du possible sans vitrines, afin de conserver l'ambiance évocatrice du lieu. Par conséquent, l'approche de la conservation des collections a privilégié la conservation préventive et une intervention minimale jusqu'au financement du projet majeur « *Inspired by Knole* » qui a débuté en 2012 et s'est achevé en mars 2019 [Barratt, 2012]. Il s'agit du projet le plus complexe entrepris par le National Trust et l'un de ses projets les plus coûteux, d'un montant de presque 20 millions de livres, financé en partie par le Heritage Lottery Fund. Bien que l'ampleur du travail soit vaste, allant de l'amélioration des installations à l'usage des visiteurs à l'introduction d'un nouveau sous-réseau électrique et à l'ouverture de nouvelles zones au public, la conservation a toujours été au cœur du projet. Un exemple manifeste est la construction d'un Atelier de conservation-restauration au sein de la grange médiévale restaurée de Tythe, où des conservateurs-restaurateurs effectuent des traitements légers en public pour l'intérêt des visiteurs, afin d'améliorer délicatement l'apparence de la collection et de stabiliser son état, tandis que des travaux plus complexes sont confiés à des conservateurs-restaurateurs indépendants disposant d'équipements plus complexes. Dans les salles d'exposition, la conservation préventive est renforcée grâce à la mise en place d'une régulation des conditions climatiques par le biais du chauffage, d'un meilleur contrôle de la lumière et de l'utilisation de couvertures pour protéger les textiles vulnérables.

### L'environnement

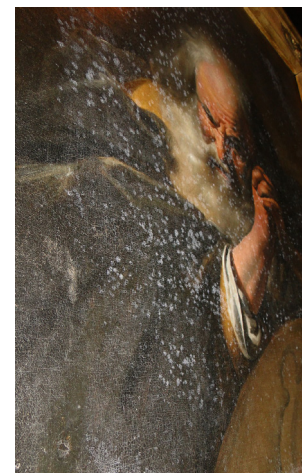
Knole se distingue des demeures du National Trust par le fait que, depuis le début du XVIII<sup>e</sup> siècle, la plupart des salles d'exposition ont été conçues pour exposer les meubles et les peintures les plus importants plutôt que ceux à usage quotidien ou domestique. Ces salles sont restées en grande partie inchangées pendant trois cents ans, avec des collections exposées et soumises à un climat naturellement humide, les salles d'exposition n'ayant généralement pas été chauffées pendant cette période et jusqu'à l'ère moderne.

Fig. 3

À gauche, excréments larvaires d'*Anobium punctatum* affleurant sur un pied de table de mobilier baroque de Knole.

À droite, développement de moisissure sur la surface d'une peinture.

(© National Trust)



Ainsi, les collections se sont acclimatées à un environnement à humidité relative (HR) élevée où l'humidité relative annuelle varie généralement de 55 à 90 % avec une moyenne annuelle d'environ 70 %. Les recherches menées au cours des deux dernières décennies ont grandement amélioré notre compréhension de la réponse climatique des matériaux hygroscopiques et il n'est pas toujours évident que suivre l'HR des musées standard, tel que  $55 \pm 5$  %, constitue la bonne approche pour prendre en charge une telle collection. La pensée moderne en matière de conservation préventive tient beaucoup plus compte du climat historique des objets et le concept d'acclimatation à long terme est au cœur de la norme européenne EN15757 *Spécifications relatives à la température et à l'humidité relative pour limiter les dommages mécaniques dus au climat dans les matériaux hygroscopiques organiques*. L'application de la méthode EN15757 pour déterminer le climat sans danger de dommages mécaniques dans les conditions de Knole, aboutit à une plage de HR en hiver de 75-90 % (Fig. 2). En effet, la collection Knole semble être stable mécaniquement dans les conditions de haute HR actuelles. Cependant, la forte humidité relative favorise les attaques d'insectes dégradant le bois, ce qui est évident sur la plupart des meubles, ainsi que le développement régulier et persistant de moisissures sur les textiles et les peintures (Fig. 3).

Notre objectif était donc d'abaisser l'HR moyenne pour éviter ces processus de dégradation biologique tout en évitant le risque de dommages mécaniques accrus par la réduction de l'HR. Au cours des vingt-cinq dernières années, le National Trust a développé le chauffage de conservation [Staniforth *et al.*, 1994 ; Bullock, 2009] comme méthode principale de contrôle et de réduction de l'HR. Lorsque le chauffage de conservation a été introduit sur d'autres lieux, un abaissement progressif des niveaux requis d'HR sur plusieurs mois et plusieurs années a été adopté pour permettre aux collections de s'acclimater. La fragilité et l'importance des meubles de Knole ont été considérées comme nécessitant une surveillance étroite du processus d'acclimatation depuis un environnement à HR élevée jusqu'à des

Types d'objets	Matériaux	Description
Ensemble Gole Table d'appoint	Chêne, probablement chaux, couches de dorure, étain et laiton	Table sculptée, dorée et argentée avec un plateau en étain incrusté de feuillages finement élaborés en laiton gravé. Aurait été fabriquée dans l'atelier de Pierre Gole (1620-84), Paris. Inv. NT 129518.
Ensemble Gole Torchère	Chêne, probablement chaux, couches de dorure	Une paire de torchères en bois doré sculpté, en forme de putti sur trépieds, représentant peut-être l'été et l'automne à partir d'une série de quatre saisons. Aurait été fabriquées dans l'atelier de Pierre Gole (1620-1684), Paris, vers 1671. Inv. NT 129520.1 / NT 129520.2.
Ensemble Jensen Table d'appoint	Pin japonais noirci et probablement hêtre	Une table de nuit japonaise dorée avec un long tiroir, plateau comprenant un gesso en relief et une bordure dorée, pieds galbés noircis, châssis partiellement dorés et pieds de chignon. L'ensemble est attribué à l'ébéniste de Guillaume III, Gerrit Jensen ; il est rapporté qu'il a fait payer le 3 <sup>ème</sup> comte de Dorset 18£ pour « une table, supports et verre du Japon » le 21 décembre 1691. Inv. NT 129554.
Ensemble Jensen Torchère	Pin japonais noirci avec montures en laiton	Une paire de torchères japonaises noires et dorées finement élaborées, à sommet octogonal avec gesso en relief et bordures dorées, sur supports à balustres avec trépieds avec volutes, décorés dans le style dit chinois. Inv. NT 129466.1 / NT 129466.2.

niveaux considérés comme réduisant le risque de moisissure et d'insectes nuisibles. La méthode choisie pour surveiller la réponse environnementale des meubles de Knole a été l'émission acoustique (EA). La surveillance a été réalisée en collaboration avec l'Institut Jerzy Haber de catalyse et de chimie de surface de l'Académie Polonaise des Sciences, qui a développé l'émission acoustique comme méthode de compréhension de la réponse mécanique des objets hygroscopiques du patrimoine culturel aux changements d'HR [Lukomski *et al.*, 2017].

Tab. 1  
Mobilier de Knole  
sélectionné pour la  
surveillance d'EA.

### Programme de surveillance des émissions acoustiques

Quatre objets de deux ensembles de meubles ont été sélectionnés pour l'étude EA, choisis pour leur importance majeure ainsi que leurs finitions décoratives fragiles : une table et une torchère de Gerrit Jensen, et une table et une torchère de Pierre Gole. Par analogie avec les études démographiques, on a émis l'hypothèse que si ces « objets cobayes » ne répondaient pas aux changements environnementaux, la majorité des collections de Knole serait alors également sûre. De plus, la technique EA exigeant que les objets soient surveillés par paires, il était donc logique de choisir deux éléments de chaque ensemble de meubles (Tab. 1).

La surveillance des émissions acoustiques utilise des petits capteurs ou microphones acoustiques fonctionnant à l'intérieur et au-dessus de la plage de fréquences audibles par l'homme, afin de détecter les événements acoustiques provoqués par les modifications mécaniques du bois. L'émission acoustique est définie comme énergie libérée par les micro-déplacements dans une structure en train de subir une déformation. L'énergie traverse le matériau sous forme d'ondes sonores ou d'ultrasons et est détectée à la



Fig. 4

Fixation du capteur d'EA à la table de l'ensemble Jensen, mars 2016.  
À gauche, papier collé à la barre de renfort de la table Jensen avec support de capteur prêt à être fixé.  
À droite, montage complet du capteur avec capteur cylindrique en acier dans son enveloppe acrylique.  
(© National Trust)



surface d'un objet grâce à un transducteur piézoélectrique qui convertit la vibration de la surface en un signal électrique. Les capteurs d'EA doivent être physiquement attachés aux objets afin de détecter correctement les sons. Une méthode de fixation réversible a été mise au point en consultation avec le conseiller spécialisé en conservation du mobilier du *Trust*, John Hartley, puis appliquée en mars 2016. Du papier japonais a d'abord été collé à la surface de l'objet en utilisant de la colle d'amidon, puis le support acrylique du capteur d'EA a été collé au papier en utilisant un adhésif Paraloid B72 (Fig. 4). Dans le cas de la table Gole, le capteur d'EA, situé entre le pied de la table et le support, a été mis en place à l'aide de *plastazote*.

L'installation expérimentale d'EA comprenait : un capteur d'EA différentiel à larges bandes à résonances multiples (*Phys. Acoust. Corp.*), un amplificateur acoustique (*EA System*), une carte d'entrée analogique à échantillonnage simultané PCI-9812 (*Adlink Technology Inc.*) et un ordinateur portable (Fig. 5). Les ensembles de données du signal d'EA ont été enregistrés avec des temps d'ouverture de 100 ms et un taux d'échantillonnage de 1 MHz, sachant que la durée d'un événement typique d'EA était de l'ordre de centaines de  $\mu$ s. L'ensemble de données brutes enregistrées pendant chaque phase de mesure ont été ensuite traitées à l'aide d'un programme informatique recherchant des événements d'EA isolés ; elles ont ensuite été extraites pour calculer les caractéristiques d'EA les plus importantes, à savoir l'amplitude, l'énergie, la durée et la distribution de fréquences. Les ordinateurs portables étaient équipés d'une connexion de données mobile 3G, permettant aux chercheurs d'interroger l'équipement EA et de télécharger les données à distance. Parallèlement à la mesure d'EA, les données T et HR pour chacun des sites de surveillance ont été collectées à l'aide du système de mesure radiotéléométrique Hanwell de Knole.

Une description détaillée de l'étalonnage en énergie absolue et du traitement des données a été présentée ailleurs [Strojecki *et al.*, 2014 ; Lukomski *et al.*, 2017]. Les données d'EA ont été analysées afin de chercher de possibles corrélations avec l'HR, indiquant une détérioration des objets induite par la variation des conditions environnementales.



*Fig. 5*  
Table de l'ensemble Gole et torchère dans la Galerie Cartoon avec équipement de surveillance d'EA. Les capteurs d'EA sont connectés à l'amplificateur (à droite), lui-même relié par l'interface PCI (à gauche) à l'ordinateur portable (au centre, derrière). Le capteur Hanwell T et le capteur d'HR sont temporairement localisés au premier plan. (© National Trust)

La première phase de mesure a examiné la réponse d'EA dans les environnements des pièces existantes de Knole, en les comparant aux variations, le cas échéant, lors du déplacement du mobilier dans différents environnements de stockage au cours du projet, avant qu'ils ne soient replacés dans les sites d'exposition. Le Tab. 2 récapitule les déplacements du mobilier et les différentes conditions environnementales rencontrées à chaque emplacement. La surveillance devait s'articuler avec le phasage du projet et les différents déplacements entre salles d'exposition et lieux de stockage au fur et à mesure de l'avancement du projet. Néanmoins, des données ont été collectées pour chaque article dans l'environnement non chauffé et non contrôlé de Knole, ce qui a permis de comparer avec l'environnement contrôlé du chauffage de conservation.

### Résultats

Les données d'émission acoustique traitées et filtrées sont présentées pour l'ensemble Jensen (Fig. 6) et l'ensemble Gole (Fig. 7). Chaque graphique montre l'énergie acoustique des événements d'EA de chaque objet après que les interférences aient été filtrées, sous forme de pointes vertes ou noires, tracées parallèlement à la température et à l'humidité relative du site de surveillance. Dans la Fig. 6, les pics d'EA apparaissent distribués de manière assez aléatoire et il existe peu d'indices de corrélation avec l'HR ou de différence entre les deux sites de surveillance.

En utilisant le même format, la Fig. 7 montre la réponse d'EA de la table de l'ensemble Gole. La réponse d'EA dans le Grand stockage était faible et aucune activité n'a été détectée durant la phase de stockage dans la Galerie Brown. Cependant, il y a une variation considérable lorsque la table est replacée dans la Galerie Cartoon, avec des pics d'EA plus fréquents et plus prononcés. Il est fort probable que les niveaux élevés d'activité sont dus aux

Objets	Date	Emplacement / Site	Environnement
Table et torchère de l'ensemble Gole	Mars 2016 - Déc. 2016	Stockage temporaire dans le Grand Hall	Conservation chauffée avec HR de 65-70 %
	Déc. 2016 - Mars 2017	Stockage temporaire dans la Galerie Brown	Non contrôlé, non chauffé
	Mars 2017 - Juill. 2018	Galerie Cartoon	Initialement non contrôlé puis conservation chauffée avec HR de 65 %
Table et torchère de l'ensemble Jensen	Mars 2016 - Nov. 2016	Chambre étoilée	Non contrôlée, non chauffée
	Déc. 2016 - Oct. 2017 (surveillance puis arrêt pour la conservation des objets)	Stockage temporaire dans dans l'Atelier de Conservation-restauration	Conservation chauffée avec HR de 65 %

Tab. 2  
Emplacements des objets et conditions environnementales pendant le programme de surveillance des émissions acoustiques à Knole.

larves d'insectes présents dans le bois de la table de l'ensemble Gole – l'EA a été utilisée dans l'industrie de la construction pour détecter l'activité de larves nuisibles dans le bois [Nasswettrová *et al.*, 2016]. La torchère de l'ensemble Gole a également montré une activité d'EA importante, bien au-delà de ce que l'on pourrait attendre d'une réponse mécanique au changement d'HR. Les employés de la demeure ainsi que le conservateur de la propriété avaient déjà trouvé des indices de l'activité des insectes dans les objets de Gole et les mesures de l'EA semblaient le confirmer. Bien que ce soit une observation intéressante en elle-même, cette découverte contrecarre l'utilisation des données de la torchère pour illustrer la réponse mécanique d'un objet, car l'activité d'EA due aux xylophages masque la réponse mécanique plus faible d'HR.

Pour mieux comprendre la réponse d'EA de chaque objet dans les différents environnements, les Tab. 3 et 4 récapitulent les données de chaque phase de surveillance et traduisent la réponse d'EA par la longueur de fissure propagée dans un échantillon de bois de référence, ainsi les degrés de réponse et de dommage de l'objet peuvent être clairement visualisés.

Les réponses de la table et de la torchère de l'ensemble Jensen de la Chambre étoilée non chauffée et de l'atelier de stockage contrôlé à une HR de 65 % sont toutes deux négligeables. Fait intéressant, la réponse d'EA de la garde-robe du Musée national de Cracovie à l'environnement bien plus sec, pourtant considérée comme d'une faible valeur par les chercheurs sur la base de la longueur totale des fissures existantes [Strojecki *et al.*, 2014], est quarante fois supérieure à la plus haute réponse de l'ensemble Jensen.

La table de l'ensemble Gole a donné une réponse d'EA minime dans le Grand stockage et une réponse négligeable durant l'hiver dans la galerie Brown, mais a développé une importante activité des xylophages au printemps et à l'été 2017. La torchère de l'ensemble Gole a développé une importante activité des xylophages pendant toutes les phases de surveillance, avec la plus forte activité en été et une baisse importante en hiver.

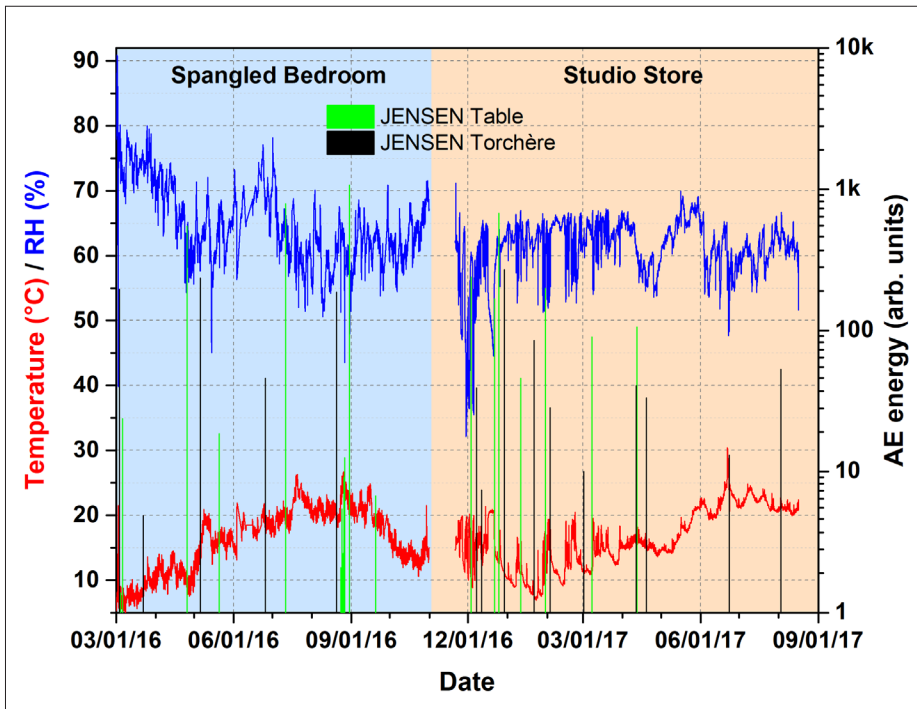


Fig. 6  
Réponse d'émission acoustique de la table et de la torchère de l'ensemble Jensen (pointes verticales, axe de droite) avec superposition des données T et HR de chaque sites de surveillance.

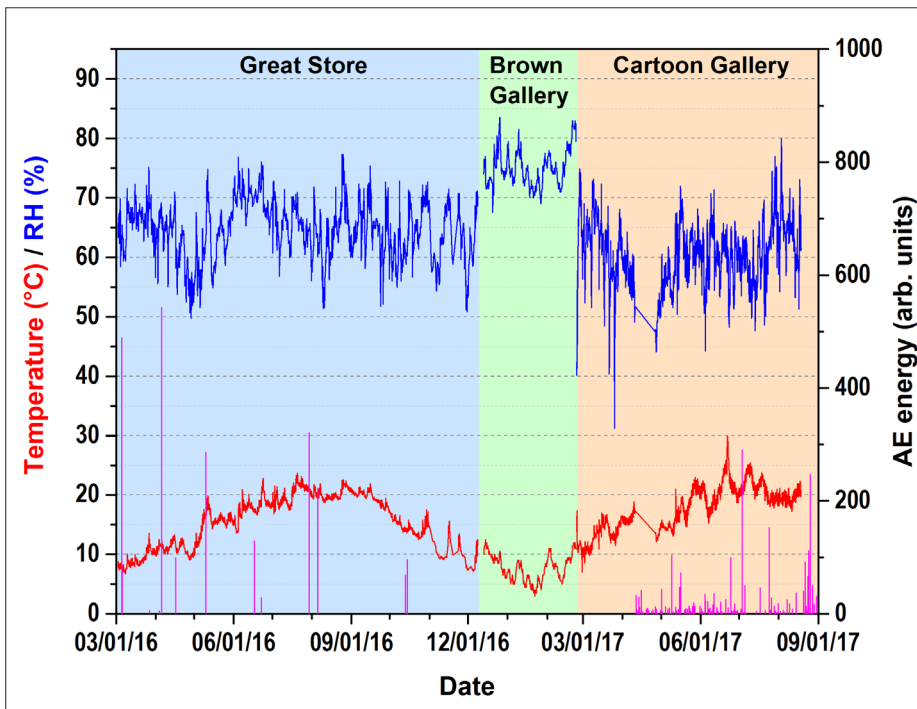


Fig. 7  
Réponse d'émission acoustique de la table et de la torchère de l'ensemble Gole (pointes verticales, axe de droite) avec superposition des données T et HR de chaque sites de surveillance.

Emplacement / Site	Intervalle saisonnier (moyenne mobile sur 30 jours)	Objet	Nombre d'événements d'EA	Énergie totale d'EA (unités arbitraires)	Fissure théorique propagée
Chambre Etoilée, Mars - Oct. 2016	57-74 % HR	Table	122	3,054	0.008
		Torchère	48	5,201	0.014
Atelier de stockage, Déc. 2016 - Août 2017	59-66 % HR	Table	61	1,964	0.002
		Torchère	19	580	0.001
Musée national de Cracovie	32-47 % HR	Garde-robe		350,000 par an	0.6

Emplacement / Site	Intervalle saisonnier (moyenne mobile sur 30 jours)	Objet	Nombre d'événements d'EA	Énergie totale d'EA (unités arbitraires)	Fissure théorique propagée
Grand stockage Mars - Déc. 2016	8,8- 20,5 °C 59 - 71 % HR	Table	48	3,713	0,009
		Torchère	18 045	424,697	Activité de xylophages
Galerie Brown Déc. 2016 - Mars 2017	5,6- 8,9 °C 75- 77 % HR	Table	négligeable	négligeable	négligeable
		Torchère	506	67,846	Activité de xylophages
Galerie Cartoon Mars - Août 2017	13,7- 22,3 °C 56-64 % HR	Table	367	10,543	Activité de xylophages
		Torchère	1 098	419,309	Activité de xylophages

Tab. 3

Synthèse de la réponse d'EA de l'ensemble Jensen et des conditions environnementales au cours de deux phases de surveillance différentes, avec en comparaison les meubles surveillés au Musée national de Cracovie [Strojecki *et al.*, 2014]. Pour comparer tous les résultats de surveillance, la dernière colonne présente par an la longueur théorique des fissures propagées dans le bois.

Tab. 4

Synthèse de la réponse d'EA de l'ensemble Gole et des conditions environnementales au cours de trois phases de surveillance, même structure que le Tab. 3.

## Conclusion

La surveillance d'EA a clairement indiqué que, pour les quatre objets testés, les modifications mécaniques des objets en bois provoquées par le passage de l'environnement existant de 60 à 85 % HR à Knole à un environnement contrôlé de conservation modérément chauffé pour une HR cible de 65 % étaient faibles voire négligeables. À ce jour, cela concorde avec les évaluations visuelles de l'état des objets à Knole de la première phase de transformation de la demeure, qui a été ré-entretenu et ré-ouverte aux visiteurs depuis le printemps 2017.

Il est intéressant de constater que l'activité des xylophages a pu être détectée par EA même si cela contrecarrait l'utilisation de l'EA pour comprendre la réponse mécanique de la torchère de l'ensemble de Gole. La table et les torchères de l'ensemble de Gole ont depuis été traitées en utilisant le procédé de chauffage contrôlé Thermolignum pour éliminer l'infestation par les xylophages [Beiner et Ogilvie, 2005-2006]. On continue la surveillance de ces objets pour voir si le traitement a changé leur réponse en EA et on a constaté que la réponse en EA élevée a cessé après le traitement, ce qui confirme l'hypothèse selon laquelle elle était due à l'activité des insectes xylophages.

Les résultats d'EA confirment que les changements climatiques initiés à Knole sont sans danger pour le mobilier et les autres collections de Knole, qu'ils offrent de meilleures conditions pour leur conservation préventive à long terme, en réduisant le risque de développement de moisissure et d'infestation par les insectes nuisibles pour le bois. En termes pratiques, l'EA est une technique de recherche qui nécessite un haut niveau d'expertise technique pour configurer l'équipement, le maintenir en bon fonctionnement et interpréter les données. Cependant, à mesure que l'émission acoustique est de plus en plus utilisée et que les protocoles de surveillance sont établis, cette méthode peut faire partie de l'arsenal préventif des techniques pour comprendre la réponse directe d'un objet plutôt que pour déduire la réponse par la mesure de l'HR.

### Références bibliographiques

- BARRATT S., 2012. « Inspired by Knole ». In : *The Artefact, their Context and their Narrative: Multidisciplinary Conservation in Historic House Museums*, The Getty Research Institute, Los Angeles, 6-9 novembre. ICOM DEMHIST / ICOM-CC.
- BEINER G. G. et OGILVIE M. A., 2005-2006. « Thermal methods of pest eradication ; their effect on museum objects ». *The Conservator* 29, p. 5-18.
- BRIMBLECOMBE P., THICKETT D., YOON Y. H., 2009. « The cementation of coarse dust to indoor surfaces ». *Journal of Cultural Heritage* 10 (3), p. 410-414.
- BS EN 15757, 2010. *Conservation of Cultural Property – Specifications for temperature and relative humidity to limit climate-induced mechanical damage in organic hygroscopic materials*. Londres : British Standards Institute.
- BULLOCK L., 2009. « Environmental Control in National Trust Properties ». *Journal of Architectural Conservation*, mars, p. 83-98.
- ŁUKOMSKI M., STROJECKI M., PRETZEL B., BLADES N., BELTRAN V.L., FREEMAN A., 2017. « Acoustic emission monitoring of micro-damage in wooden art objects to assess climate management strategies ». *Insight* 59 (5), p. 256-264.
- NASSWETTROVÁ A., KŘIVÁNKOVÁ S., ŠMÍRA P., ŠTĚPÁNEK J., 2016. « Acoustic detection of wood-destroying insects ». *Wood Research*, 61 (5), p. 755-766.
- SACKVILLE-WEST R., 2010. *Inheritance : The Story of Knole and the Sackvilles*. Londres : Bloomsbury.
- STROJECKI M., ŁUKOMSKI M., KRZEMIEŃ L., SOBczyk J., BRATASZ Ł., 2014. « Acoustic emission monitoring of an eighteenth-century wardrobe to support a strategy for indoor climate management ». *Studies in Conservation* 59 (4), p. 225-232.
- STANFORTH S., HAYES B., BULLOCK L., 1994. « Appropriate technologies for relative humidity control for museum collections housed in historic buildings », in ROY A., *Preventive Conservation Practice, Theory and Research, Preprints of the Contributions to the Ottawa Congress*, 12-16 septembre 1994. Londres : International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, p. 123-128.
- TARNOWSKI A., MCNAMARA C., BEARCE K., MITCHELL R., 2004. « Sticky microbes and dust on objects in historic houses ». In : *AIC: Objects Specialty Group Postprints*. Washington, DC : The American Institute for Conservation of Historic & Artistic Works, p. 11-28.



Silvana Editoriale

*Direction éditoriale*  
Dario Cimorelli

*Directeur artistique*  
Giacomo Merli

*Coordination d'édition*  
Sergio Di Stefano

*Rédaction*  
Carole Aghion

*Mise en page*  
Letizia Abbate

*Organisation*  
Antonio Micelli

*Secrétaire de rédaction*  
Ondina Granato

*Iconographie*  
Alessandra Olivari, Silvia Sala

*Bureau de presse*  
Lidia Masolini, [press@silvanaeditoriale.it](mailto:press@silvanaeditoriale.it)

Droits de reproduction et de traduction  
réservés pour tous les pays  
© 2019 Silvana Editoriale S.p.A.,  
Cinisello Balsamo, Milano  
© 2019 Musée national des châteaux  
de Versailles et de Trianon

Aux termes de la loi sur le droit d'auteur  
et du code civil, la reproduction, totale  
ou partielle, de cet ouvrage sous quelque  
forme que ce soit, originale ou dérivée,  
et avec quelque procédé d'impression que  
ce soit (électronique, numérique, mécanique  
au moyen de photocopies, de microfilms,  
de films ou autres), est interdite, sauf  
autorisation écrite de l'éditeur.

*En couverture*

© EPV Thomas Garnier

Silvana Editoriale S.p.A.  
via dei Laboratori, 78  
20092 Cinisello Balsamo, Milano  
tel. 02 453 951 01  
fax 02 453 951 51  
[www.silvanaeditoriale.it](http://www.silvanaeditoriale.it)