



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^{er} 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



Les stratégies préventives mises en œuvre pour le château de Neuschwanstein

Résumé

La décoration intérieure du château, qui accueille 1,5 million de visiteurs chaque année, n'est pas en bon état de conservation. Celle-ci est soumise à des conditions climatiques défavorables, subissant l'effet de la lumière naturelle non filtrée, l'accumulation de poussière et l'érosion intentionnelle (toucher) et involontaire des surfaces.

La première grande campagne de conservation-restauration a débuté en avril 2017 et devrait s'achever en 2021. Différentes stratégies de prévention ont ainsi été adoptées, afin de minimiser l'impact des visiteurs et d'augmenter la viabilité des travaux de conservation-restauration.

Au cours des dernières années, le contrôle du climat, les processus de dégradation globaux et l'évaluation des risques ont abouti au développement de stratégies d'atténuation visant à améliorer la situation des intérieurs :

- Installation d'un système de ventilation utilisant les conduits d'air chaud du système de chauffage d'origine.
- Installation de lieux de stockage.
- Aménagement d'un parcours de visite.
- Installation d'une protection adaptée contre la lumière.

Nous avons déjà amorcé la première étape de l'installation. Les différentes stratégies de prévention seront mises en place en 2021.

Mots clés

Humidité relative élevée, problèmes de condensation, altération par la lumière, poussière, veille climatique, visiteurs comme source d'humidité, système de ventilation, conduits historiques, réserve à technologie réduite.

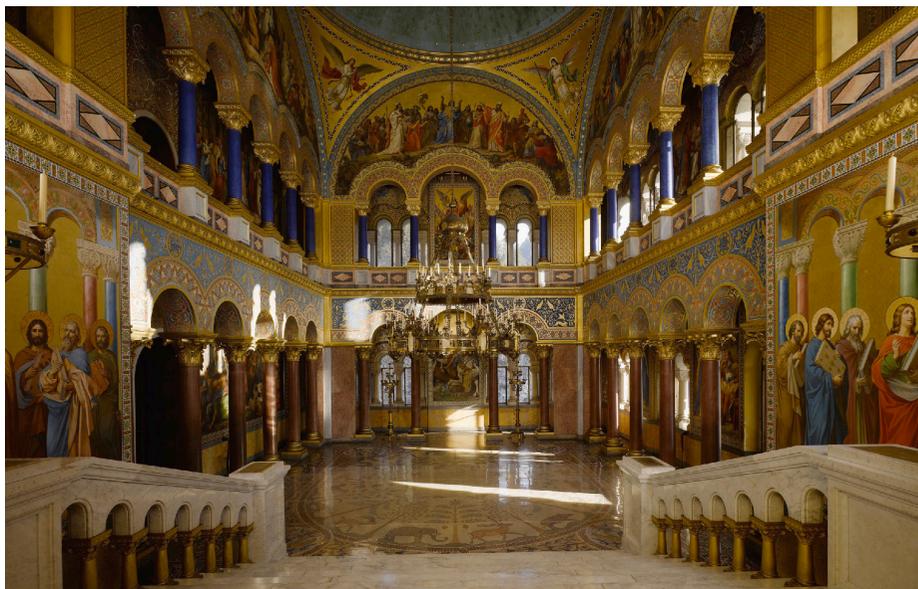
Le roi des contes de fées Ludwig II s'engagea dans la construction du château de Neuschwanstein en 1868, mais lorsqu'il mourut prématurément, en 1886, le château n'était pas encore achevé. Bien que la plupart de la décoration des belles pièces d'apparat était déjà terminée (Fig. 1), les murs de nombreuses salles annexes étaient encore en briques.

Sept semaines après la mort du roi, le château fut ouvert à un public curieux et il est, depuis lors, devenu un musée. Pour cette raison, le bâtiment et son intérieur, qui fut bâti et aménagé sur une courte période, sont conservés dans leur état d'origine. De nombreuses pièces inachevées ont fait office de bureaux, de salles communes pour le personnel ou d'équipements touristiques tels que les toilettes et les boutiques de souvenirs. Le château accueille plus de 1,3 million de visiteurs chaque année. Son intérieur est exposé à une « pression d'usage » particulièrement forte. La décoration

Tina Naumović

Chef du Département de Conservation préventive à la Direction bavaroise des palais, jardins et lacs publics, responsable de la conservation préventive, Centre de conservation, Administration des châteaux, jardins et lacs de l'État bavarois, Allemagne
tina.naumovic@bsv.bayern.de

Fig. 1
Château de
Neuschwanstein, salle
du trône. La salle du
trône est l'une des plus
belles pièces d'apparat du
château. (© Bayerische
Schlösserverwaltung /
Rainer Herrmann)



intérieure, qui n'est pas dans un bon état de conservation, est soumise à des conditions climatiques défavorables, subissant l'effet de la lumière naturelle non filtrée, l'accumulation de poussière et l'érosion intentionnelle (toucher) et involontaire des surfaces.

Les altérations liées au climat proviennent d'une humidité très élevée. Les problèmes de condensation sur les vitrages et les murs extérieurs sont manifestes. Moisissures, détériorations liées au sel et traces d'eau sur les peintures murales sont fréquentes (Fig. 2). La plupart des tissus exposés présentent d'importantes altérations liées à la lumière, de la détérioration de la couleur à la perte complète de la stabilité des filaments (Fig. 4). Les efforts visant à mettre en place une protection contre la lumière n'ont pas abouti car les fenêtres sont constamment ouvertes pour laisser entrer l'air frais et assurer le confort des visiteurs, exposant ainsi les tissus aux rayons directs du soleil. Les visiteurs, à travers des fibres de textiles, les squames cutanées, les cheveux, le dégoûlement et les sédiments qui se déposent sur les surfaces, créent beaucoup de poussière. Chaque cycle de dépoussiérage « décape » les surfaces, entraînant la perte de la matière originale. Une grande partie des surfaces en métal doré, des panneaux en chêne peints et des meubles ont perdu leur ornement original au cours des dernières décennies. Pour redonner de l'éclat aux surfaces, celles-ci ont été traitées de façon incorrecte à l'aide de différentes huiles non siccatives qui ont incrusté complètement la poussière. Comme le montre la Fig. 3, les surfaces sont devenues sombres, collantes et laissent apparaître des sortes de poils. Pendant des années, la mise à distance le long du parcours des visiteurs a été insuffisante et les altérations liées au toucher, ainsi que divers actes de vandalisme, en sont le résultat (Fig. 4).

Depuis son ouverture au public, l'intérieur du château de Neuschwanstein n'a jamais fait l'objet d'une restauration ou rénovation. La première grande



campagne de conservation-restauration a débuté en avril 2017 et devrait s'achever en 2021.

Des données préliminaires sur le climat ont été collectées, de manière à évaluer les altérations et les risques. Les problèmes de condensation, comme précédemment mentionnés, étaient visibles à première vue. Un examen détaillé et l'inventaire des altérations, notamment sur les peintures murales, ont permis d'identifier non seulement les détériorations existantes mais également les retouches locales non apparentes, plus particulièrement sur les murs extérieurs (Fig. 2). L'importance des altérations et des pertes de la couche picturale montre que la condensation constitue un risque élevé pour les peintures murales.

Le contrôle du climat a confirmé des conditions climatiques précaires.

Le château, qui se situe dans un environnement alpin, à 900 mètres au-dessus du niveau de la mer, est exposé à de brusques changements météorologiques, à des pluies et des neiges abondantes, ainsi qu'à des hivers très froids. Le château n'étant pas chauffé, les températures minimales enregistrées atteignaient $-4,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ tandis que les plus hautes s'élevaient à $28,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. L'humidité relative était soumise à d'importantes fluctuations au quotidien, oscillant entre 30 % et 85 % (Fig. 5).

Les conservateurs avaient pour objectif d'atteindre une variation de l'humidité relative de 45 à 65 %, avec des fluctuations quotidiennes inférieures à 15 %.

En dépit des températures froides, le château accueille près de 2 000 visiteurs par jour, y compris en hiver, et environ 6 000 en été. En raison de la mauvaise qualité de l'air, les fenêtres restent ouvertes.

Une évaluation des données climatiques a permis de conclure que l'humidité absolue intérieure est beaucoup plus élevée que celle extérieure. Les diagrammes montrent que l'humidité quotidienne atteint 100 %, cette hausse étant liée aux heures d'ouverture et aux visiteurs, la principale source d'humidité (Fig. 6). Ces problèmes de forte condensation et niveau d'humidité

Fig. 2

Château de Neuschwanstein, salle des chanteurs, oriel sud. Image UV/Visible de la peinture murale. À la lumière, les altérations liées au sel, l'écaillage et la perte de la couche de peinture sont visibles. La fluorescence UV montre les différentes phases de retouches et de réparations locales. (© Bayerische Schlösserverwaltung / Armin Schmickl)

Fig. 3

Château de Neuschwanstein, cabinet de toilettes, lambris et encadrement en bois sculpté. À cause d'années de traitement inapproprié, à l'aide d'huile non siccative, la surface est collante et incrustée de poussière. (© Bayerische Schlösserverwaltung / Tina Naumović)

Fig. 4

Château de Neuschwanstein, salle à manger. Les tissus de capitonnage montrent des altérations importantes liées à la lumière. La soie, autrefois rose, est devenue rose pâle puis beige. On ne retrouve désormais cette couleur vive qu'à un seul endroit, protégé de la lumière par une applique (aujourd'hui volée). (© Bayerische Schlösserverwaltung / Tina Naumović)

Fig. 5
Château de Neuschwanstein, salon. Représentation graphique de la température et de l'humidité relative en 2012. La partie en vert représente l'humidité relative oscillant entre 45 et 65 %, en corrélation avec la fourchette visée. (© Bayerische Schlösserverwaltung / Tina Naumović)

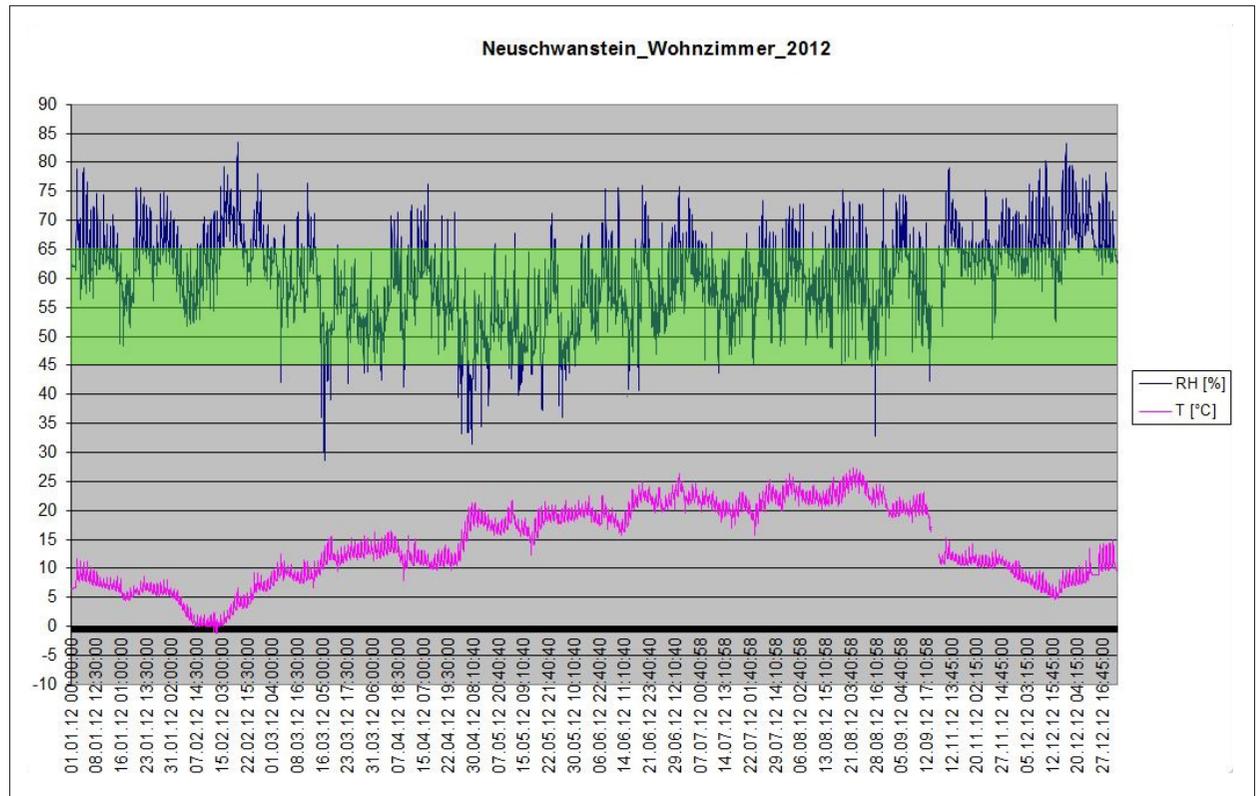


Fig. 6
Château de Neuschwanstein, salon. Représentation de l'humidité absolue à l'intérieur et à l'extérieur, en février 2014. L'augmentation quotidienne des niveaux d'humidité est directement liée aux heures d'ouverture. À l'extérieur, l'humidité absolue est bien inférieure. (© Bayerische Schlösserverwaltung / Tina Naumović)

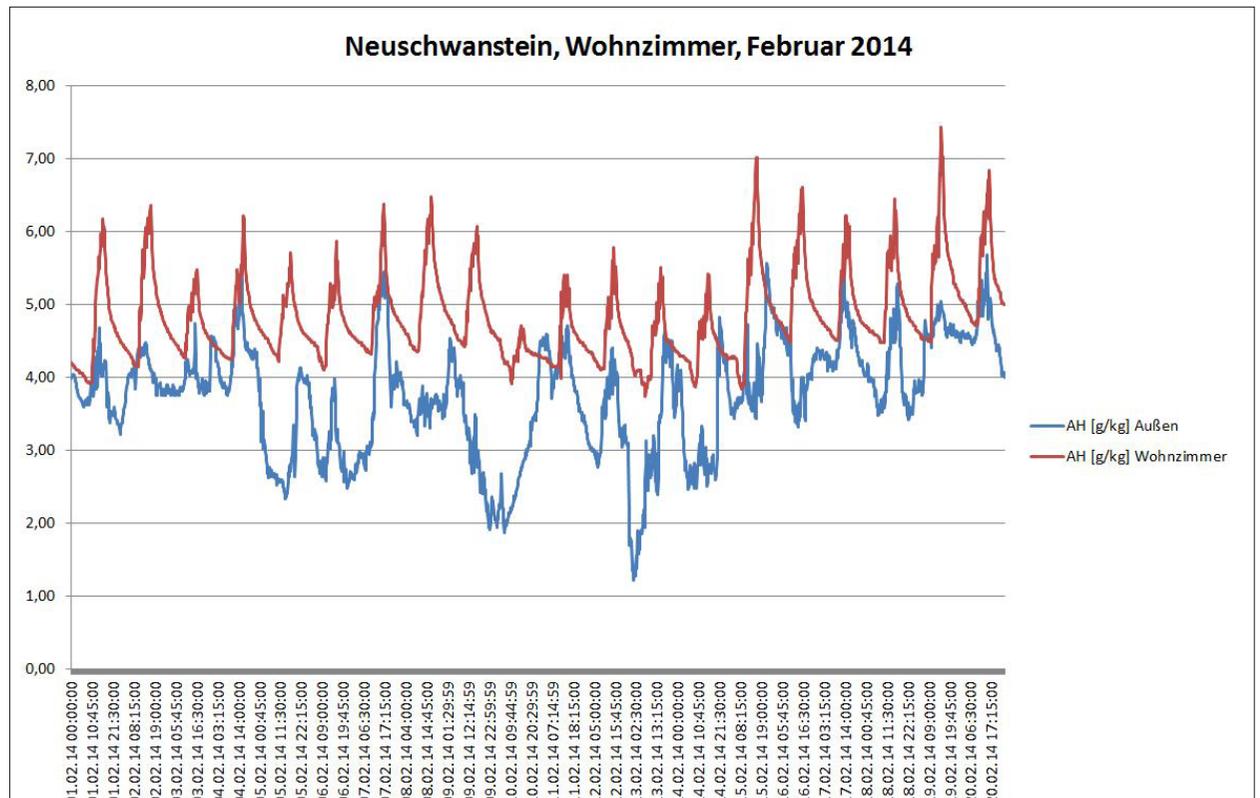




Fig. 7
Château de
Neuschwanstein, salon,
oriel nord. Formation de
givre, liée aux problèmes de
condensation, sur la surface
peinte du mur extérieur.
(© Staatliches Bauamt
Kempten / Ralf Gehrke)

causent d'importantes détériorations sur les peintures murales, comme la présence de sel, de moisissure, etc. Pendant les jours d'hiver très froids, l'eau condensée entraîne la formation de givre à la surface des fenêtres et des murs extérieurs (Fig. 7).

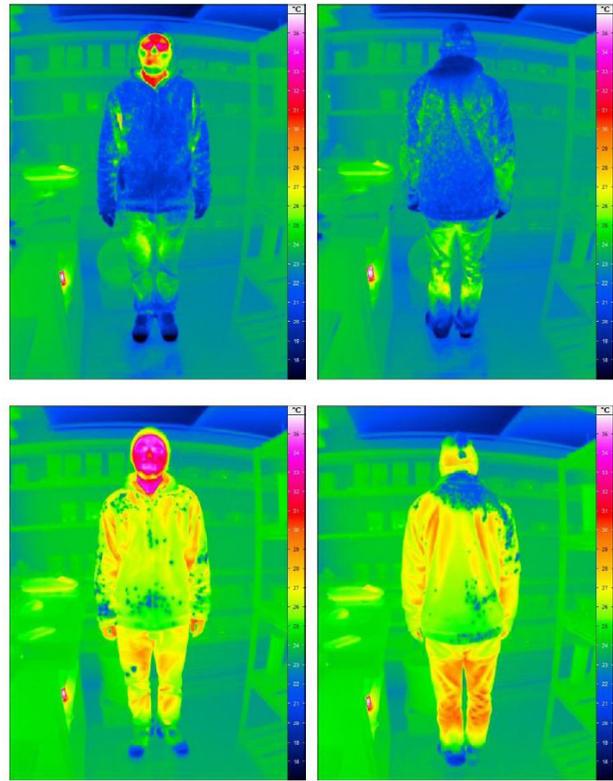
Il est bien connu que la présence des visiteurs accroît les niveaux d'humidité sur les sites. Cependant, le niveau élevé de l'impact est notable. L'évaporation d'humidité dégagée par les personnes provient du métabolisme, de la respiration et de la transpiration. En outre, les visiteurs entrent dans le musée avec leurs blousons et parapluies humides par temps de pluie, en l'absence de casiers et de vestiaire. Les circuits de visiteurs ne permettent pas d'installer ce type d'équipements. En effet, l'entrée et la sortie étant éloignées l'une de l'autre, il est difficile de gérer le flux interminable de visiteurs. La menace qui pèse sur les conditions climatiques, au sein du château, à travers les vêtements humides, paraissait évidente à première vue. De manière inattendue, la concordance des données climatiques, entre les journées pluvieuses et ensoleillées, n'a pas montré de différence significative.

Pour mettre au point une stratégie d'atténuation efficace, l'institut Fraunhofer IBP (Fraunhofer Institute for Building Physics) a été chargé d'effectuer une analyse approfondie de l'impact des visiteurs mouillés et non mouillés¹. À travers l'installation d'un système de contrôle climatique renforcé, des instruments de modélisation du climat et des séries de tests, l'institut Fraunhofer a obtenu des résultats intéressants (Fig. 8).

Le niveau élevé d'humidité absolue, par rapport à l'extérieur, a été confirmé et transformé en quantité d'eau absolue, transportée à l'intérieur par les visiteurs. Pour ne donner qu'un exemple, plus de 13 tonnes d'eau ont un impact sur la salle du trône, chaque année. Dix tonnes proviennent du métabolisme, et seulement trois tonnes des vêtements humides. Parmi les recommandations pratiques, il convenait d'accroître le taux de renouvellement de l'air avec celui extérieur, moins humide que l'air intérieur. Si les conditions environnementales ne le permettent pas, il faut produire de l'air sec afin d'atteindre un contrôle climatique suffisant. Par conséquent, l'installation

Fig. 8

Rapport de recherche
« Bauphysikalische
Voruntersuchung und
Klimadatenauswertung in
Schloss Neuschwanstein »,
Fraunhofer IBP, Stefan
Bichlmair und Martin
Krus, Valley 2016. Image
infrarouge d'un bénévole
aspergé dans une chambre
climatique. La température
de surface qui change en
raison du refroidissement
par évaporation provenant
des vêtements humides
est représentée par des
couleurs différentes.
(© Fraunhofer IBP / Stefan
Bichlmair und Martin Krus)



d'un système de ventilation, avec répartition d'air frais, déshumidification et chauffage léger, a été considérée comme la meilleure solution pour les salles d'apparat. Le but consiste à atténuer l'impact des visiteurs à travers la stabilisation de l'humidité relative. Pour réduire la quantité d'eau provenant des vêtements humides, les visiteurs devraient être « séchés », pendant leur attente, avant de pénétrer dans les pièces d'apparat.

Dans des bâtiments historiques, l'installation d'un système de ventilation est un défi de taille tant il est difficile de ne pas enlaidir l'édifice, notamment dans les salles d'apparat du château de Neuschwanstein, jusqu'à présent restées intactes. Pour cette raison, des dispositions ont été prises : la planification du système de ventilation, développée en priorité, ne sera pas axée sur les conditions climatiques considérées comme appropriées par les conservateurs (standard pour les musées : 20 °C / 50 % HR) mais sur les possibilités qu'offre la structure du bâtiment. L'installation de grands conduits d'air reliés à chaque pièce par un système central CVC, dans les combles ou en sous-sol, une solution de plus en plus proposée, n'était absolument pas une alternative.

Heureusement, Ludwig II avait fait installer un système ingénieux de chauffage à air chaud qui incluait trois chambres de chauffage et plusieurs conduits d'air chaud menant aux principales pièces d'apparat. Dans les chambres de chauffage, l'équipement technique existant a été classé patrimoine culturel technique et doit être préservé. Actuellement, de nouvelles pièces techniques ont été installées au niveau des étages non décorés et inachevés du château

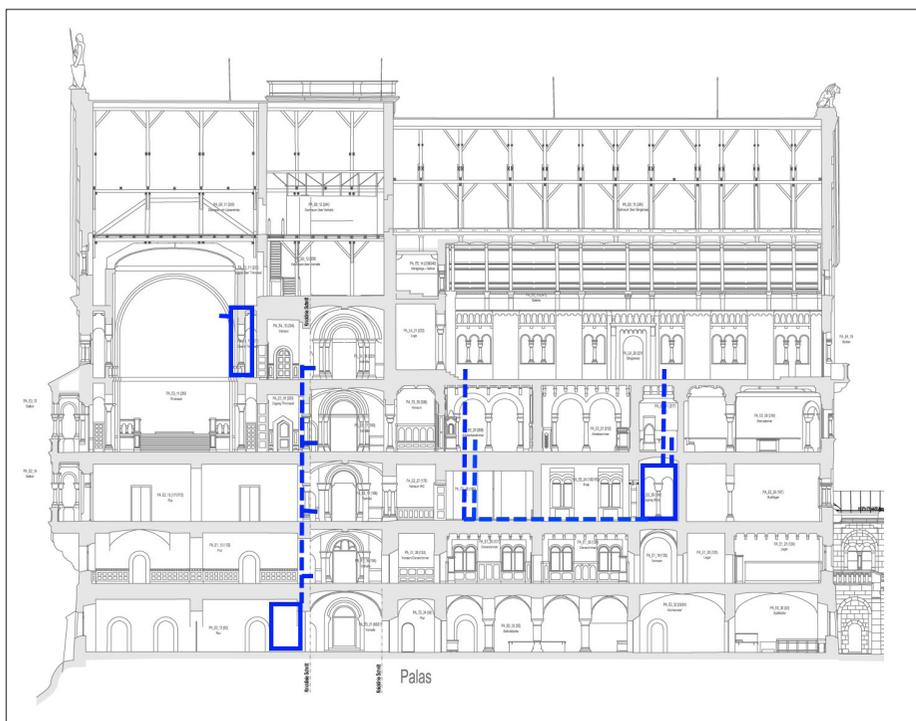


Fig. 9
Château de Neuschwanstein, coupe longitudinale. L'installation de trois nouvelles pièces techniques permet d'atteindre les conduits d'air chaud historiques, par la voie la plus courte. (Coupe longitudinale © Staatliches Bauamt Kempten / Josef Linsinger)

Fig. 10
Château de Neuschwanstein, Ritterhaus, nouvelle installation de stockage. Des pièces inachevées font office d'équipements d'entreposage *low-tech*. Grâce au chauffage de conservation et à la déshumidification, l'humidité relative sera inférieure à 65 %. (© Bayerische Schlösserverwaltung / Heiko Oehme)



(Fig. 9). Les ingénieurs chargés de développer le système de ventilation étaient confrontés à un défi majeur, étant donné que la structure de bâtiment détermine la dimension des appareils techniques². Les clapets coupe-feu, de ventilation et de déshumidification doivent être comprimés dans la construction historique, de façon à être le moins invasifs possible.

Dans les salles d'apparat, l'installation du système de ventilation s'achèvera d'ici fin 2018. Il est à espérer que son efficacité sera prouvée au cours de l'année suivante (2019). Le contrôle permanent du climat viendra compléter l'installation du système de ventilation, afin de garantir que le climat intérieur s'ajuste de manière appropriée.

Outre le système de ventilation dans les pièces d'apparat, un chauffage à air chaud a été installé dans le couloir où attendent visiteurs qui font la queue

pour prendre un audioguide et commencer leur visite du château – ils y sont pour ainsi dire « séchés ». Le système fonctionne depuis février 2018, et bien qu'il soit nécessaire de construire des portiques climatiques et que l'évaluation des données climatiques soit encore en cours, des effets positifs sont déjà appréciables. En effet, les jours de pluie, le sol n'est plus imbibé d'eau, l'humidité absolue est inférieure et le confort des visiteurs, qui attendaient auparavant dans ce couloir froid, humide et venté, a été considérablement amélioré.

Autre exemple : afin de mettre en place une solution *low-tech* visant à stabiliser le climat, une nouvelle réserve devait être construite au sein du château. En préparant la campagne de conservation-restauration, il s'est avéré évident que les conditions d'entreposage des objets d'art devaient être optimisées. De nombreux textiles et meubles sont mis en réserve afin d'éviter que les visiteurs ne les touchent, et de maximiser l'espace pour les visites guidées. Bien que l'entreposage, plutôt chaotique, ait pris une ampleur croissante au cours des années, le contrôle climatique au sein des salles auxquelles les visiteurs n'ont pas accès a affiché des conditions climatiques généralement satisfaisantes, avec une humidité relative stable et appropriée (45 % - 65 %). Un nouveau dépôt a été installé dans une partie inachevée du château en 2017-2018 (Fig. 10). Concernant le contrôle climatique, un câble électrique chauffant pour le *chauffage de conservation* a été placé le long des murs extérieurs, un revêtement isolant posé au sol et deux déshumidificateurs mobiles fixés. Ces appareils assurent de faibles variations climatiques et permettent de stabiliser l'humidité relative en dessous de 65 %, afin d'éliminer le risque de moisissure sur les textiles.

Il est prévu de mettre en place d'autres mesures préventives. Un parcours de visite guidé inclura des protections contre le toucher, telles que des mains courantes ou des parois vitrées, et une moquette anti-poussière sera posée à la fin des travaux de conservation-restauration. Cette moquette permettra de réduire l'accumulation de poussière et de protéger les parquets de l'érosion, ainsi que les œuvres d'art et la décoration du toucher.

L'installation d'une protection appropriée contre la lumière est en cours. Celle-ci permettra d'éliminer le rayonnement ultraviolet et de réduire l'exposition à la lumière du jour. Des séries de tests sont effectuées, de façon continue et détaillée, sur différents films de protection UV. Et des écrans de protection contre la lumière, par le biais d'aimants sur les encadrements des fenêtres en fer, seront montés, de façon non destructive.

Il faudra plusieurs années pour démontrer l'efficacité et la durabilité des stratégies de prévention mises au point. Toutefois, les premiers résultats sont prometteurs. L'étroite collaboration entre architectes, ingénieurs et conservateurs a permis d'obtenir des résultats satisfaisants à tous les points de vue.

Notes

[1] Rapport de recherche « Bauphysikalische Voruntersuchung und Klimadatenauswertung in Schloss Neuschwanstein », Fraunhofer IBP, Stefan Bichlmair und Martin Krus, Valley 2016.

[2] Le système de ventilation a été mis au point par Büro Jochen Käferhaus, Vienne, en étroite collaboration avec l'autorité chargée de la construction Staatliches Bauamt Kempten.



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

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