



HAL
open science

MUSÉES RÉSILIENTS AUX INONDATIONS : Modélisation d'un musée type et simulation d'un scénario d'inondation en réalité virtuelle

Jean-Marc Mercantini, M. Charpentier

► To cite this version:

Jean-Marc Mercantini, M. Charpentier. MUSÉES RÉSILIENTS AUX INONDATIONS : Modélisation d'un musée type et simulation d'un scénario d'inondation en réalité virtuelle. [Rapport de recherche] Laboratoire d'Informatique et Systèmes - LIS; Association de Villes Euro-méditerranéennes de Culture - AVEC; Institut de Prévention et de Gestion des Risques - IPGR. 2019. hal-02376899

HAL Id: hal-02376899

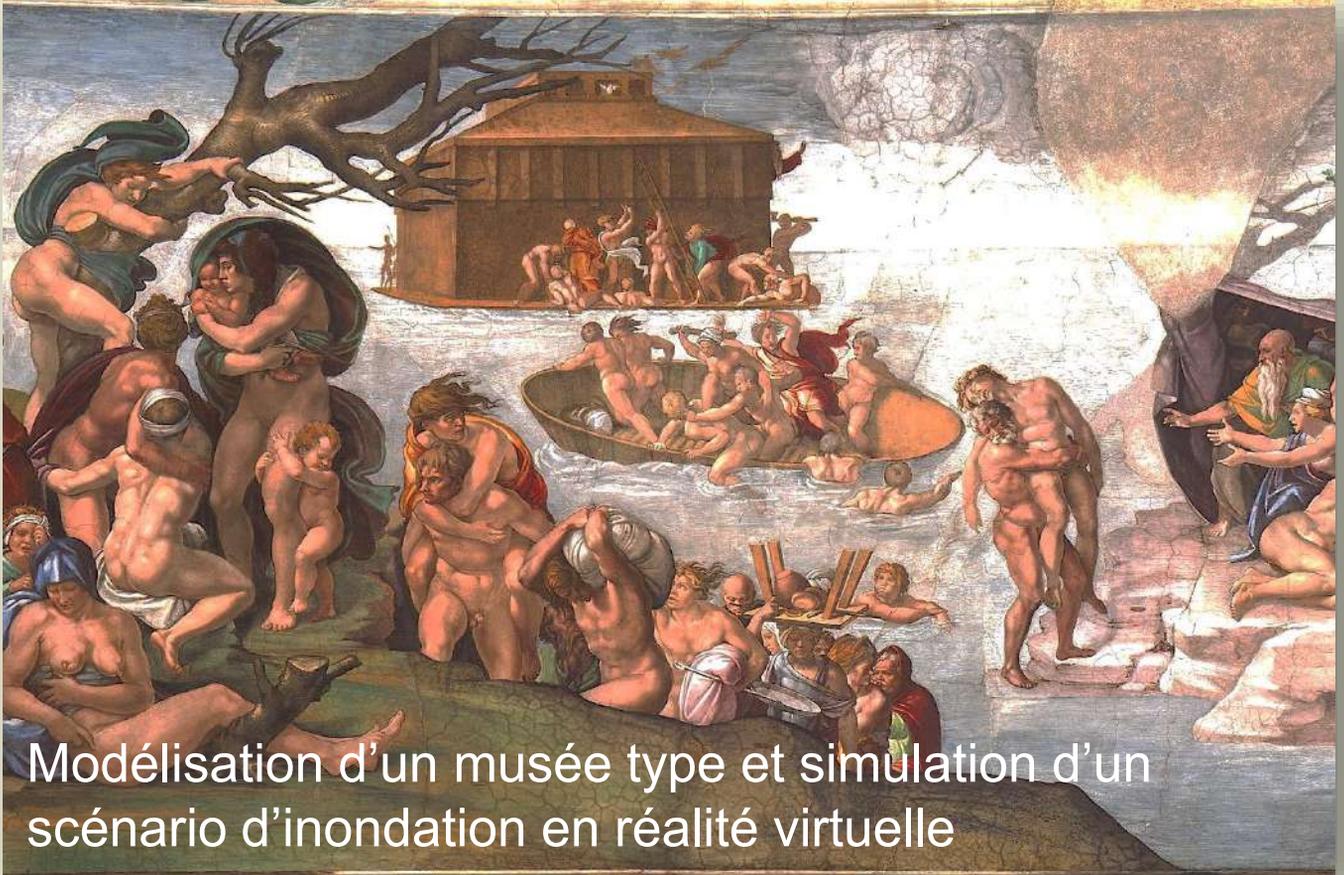
<https://amu.hal.science/hal-02376899>

Submitted on 22 Nov 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MUSÉES RÉSILIENTS AUX INONDATIONS



Modélisation d'un musée type et simulation d'un scénario d'inondation en réalité virtuelle

Jean-Marc MERCANTINI & Marie CHARPENTIER

Octobre 2019



I P G R



ALLIANCE DE VILLES
EURO-MÉDITERRANÉENNES DE CULTURE
Alliance of Euro-Mediterranean Cultural Cities



LABORATOIRE
D'INFORMATIQUE
& SYSTÈMES



POLYTECH
MARSEILLE
Aix-Marseille Université



LIBERTÉ • ÉGALITÉ • FRATERNITÉ
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE

Remerciements

Ce document est le résultat d’un important travail qui n’aurait pas pu être réalisé sans les personnes qui nous ont accompagnés dans les différentes phases de l’étude Musées Résilients aux Inondations. Ainsi, nous tenons à remercier très sincèrement le Ministère de la Transition Écologique et Solidaire et plus particulièrement Jacques FAYE qui a soutenu et suivi ce projet ; le Comité français du Bouclier Bleu avec Claude-Marie MONNERON-CRASTE ; Jacques REBIERE – Directeur du LC2R ; Aurélie COSTE – Musée départemental Arles antique ; Charline LAMARCHE – Membre du LC2R ; Capitaine Romain PICHON et Lieutenant Lionel BAUDRY – Pompiers des Bouches-du-Rhône ; Jean-Frédéric BISCAY – Directeur adjoint au CEREN Entente Valabre ; Camille AMOROS du Musée Réattu ; Aurélie SAMSON et l’équipe du Museon Arlaten ; l’équipe « le Quinté Valland » de la Filière Génie Industriel et Informatique de l’École Polytechnique universitaire de Marseille et notamment Louisa BASILE, Amine EL MOUBACHCHIR, Amory FERON, Hanae HADOUCHI, Jean-Baptiste MAIRE; ainsi que tous les autres membres du comité de pilotage du projet et les représentants des musées qui ont participé à nos travaux et que nous nous excusons de ne pas citer nominativement.

Table des matières

Introduction	1
Chapitre 1 : Analyse du problème, cahier des charges et méthodes de travail	3
1.1 Analyse du problème.....	4
1.2 Cahier des charges et spécifications.....	5
1.3 Diagramme de séquence d’utilisation	7
1.4 Environnement de développement	8
Chapitre 2 : Étude des scénarios d’inondation	7
2.1 Introduction.....	11
2.2 Démarche de l’étude	19
2.3 Constitution du Corpus Initial.....	19
2.4 Analyse des retours d’expérience	19
2.5 Le questionnaire	19
2.6 Le modèle de scénario d’inondation	19
2.6.1 La notion de scénario dans le cadre de l’inondation d’un musée.....	20
2.6.2 Le contexte.....	21
2.6.3 Le musée	22
2.6.4 L’inondation	22
2.6.5 Les acteurs	22
2.6.6 Les actions.....	22
2.6.7 Les organismes.....	22
2.7 Scénario retenu dans le cadre du projet	22
2.7.1 Le contexte.....	21
2.7.2 Le musée	22
2.7.3 L’inondation	22
2.7.4 La notion de session pédagogique	24
2.7.5 Présentation détaillé du scénario	24
Chapitre 3 : Développement de l’outil informatique	27
3.1. Préalables	28
3.1.1 Choix du musée.....	24
3.1.2 Choix de l’outil de simulation	28

3.2 Conception et problèmes rencontrés.....	31
3.2.1 Modification du bâtiment	31
3.2.2 Introduction fonctionnement d’Unity.....	33
3.2.3 Représentation des objets	37
3.2.4 Simulation du scénario.....	41
3.2.4.1 Montée de l’eau	41
3.2.4.2. Simulation de la Flottaison.....	43
3.2.5 Les Pages Web	44
3.2.5.1. Réalisation.....	44
3.2.5.2 Gestion et maintenance.....	44
Conclusion	46

Table des figures

Figure 1.1 : Processus de développement des trois phases du projet MRI	5
Figure 1.2 : Les trois modes d’utilisation de l’outil 3D	6
Figure 1.3 : Architecture logicielle	7
Figure 1.4 : Le diagramme de séquence	8
Figure 1.5 : Environnement de développement de la troisième phase du projet MRI.....	9
Figure 2.1 : Représentation conceptuelle générique statique du scénario d’une inondation	21
Figure 2.2 : Représentation conceptuelle générique statique des scénarios étudiés dans le cadre de ce projet	24
Figure 2.3 : Tableau de déroulement des événements et de leurs conséquences	26
Figure 3.1 : Rez-de-chaussée du musée	29
Figure 3.2 : Exemple de rendu visuel	30
Figure 3.3 : Salle 1 sous-sol, petits objets et documents	31
Figure 3.4 : Salle 2 sous-sol, œuvres d’art volumineuses	31
Figure 3.5 : Escalier menant du sous-sol à l’étage	32
Figure 3.6 : Plan 2D du sous-sol	32
Figure 3.7 : Environnement général de Unity	34
Figure 3.8 : Le composant <i>Transform</i>	35
Figure 3.9 : Le composant <i>Mesh Renderer</i>	35
Figure 3.10 : Le composant <i>Rigidbody</i>	35
Figure 3.11 : Les composants <i>Colliders</i>	35
Figure 3.12 : Les composants <i>Script</i>	36
Figure 3.13 : Exemple d’attributs et affectation des valeurs initiales.....	37
Figure 3.14 : Exemple de classification du degré de vulnérabilité liée à la sécurité des personnes (CEPRI).....	38
Figure 3.15 : Exemple de classification du degré de vulnérabilité liée au retour à la normale (CEPRI)	38
Figure 3.16 : Extrait du document : Panneau de description de l’œuvre	39
Figure 3.17 : Extrait de la déclaration de la collection des 106 œuvres du musée	40
Figure 3.18 : Pourcentage d’œuvres touchées au cours du scénario	41
Figure 3.19 : Programme simulant la montée de l’eau dans le musée	42
Figure 3.20 : Définition des propriétés d’un objet pouvant flotter	43
Figure 3.21 : Visualisation d’un objet avant inondation	43
Figure 3.22 : Visualisation d’un objet flottant sur l’eau pendant et après l’inondation	44
Figure 3.23 : Organisation de l’espace mémoire alloué par l’hébergeur 000webhost	45
Figure 3.24 : Onglet d’ajout de fichiers.....	45
Figure 3.25 : Onglet de création de dossiers	45
Figure 3.26 : Onglet de déplacement de fichiers	45

Acronymes

AVEC : Alliance de Villes Euro-méditerranéennes de Culture

CEPRI : Centre Européen de Prévention du Risque Inondation

COFIL : Comité de pilotage

IPGR : Institut de Prévention et de Gestion des Risques urbains

MRI : Musée Résilient aux Inondations

REX : Retour d'expérience

RETEX : Retour d'expérience

PFE : Projet de Fin d'Étude

PSBC : Plans de Sauvegarde des Biens Culturels

Introduction

En 2007, la Commission européenne adopte la directive 2007/60/CE relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, dite Directive Inondation (Directive 2007). Cette directive fixe une méthode de travail pour permettre aux territoires exposés de réduire les conséquences négatives des inondations, qu'il s'agisse de débordements de cours d'eau, de submersions marines, de remontées de nappes ou de ruissellements. Elle introduit une nouvelle obligation dans le droit français : réduire les conséquences dommageables de tous les types d'inondations pour la santé humaine, l'environnement, **le patrimoine culturel** et l'activité économique.

Dans le cadre de cette directive, le Ministère de la Transition Écologique et Solidaire a souhaité, en étroite collaboration avec le Ministère de la Culture, contribuer à une réflexion sur la sauvegarde du patrimoine culturel en soutenant un certain nombre de projets comme le projet *Musées Résilients aux Inondations (MRI)* porté par l'Alliance de Villes Euro-méditerranéennes de Culture (réseau AVEC), l'Institut de Prévention et de Gestion des Risques urbains (IPGR), le Laboratoire d'Informatique et des Systèmes (LIS – UMR CNRS 7020) et la Filière Génie Industriel et Informatique de Polytech Marseille.

Le projet MRI poursuit plusieurs objectifs. Premièrement, évaluer l'exposition et les vulnérabilités des musées français de l'arc méditerranéen disposant de l'appellation « Musées de France » face aux risques inondation. Deuxièmement, il vise à élaborer des outils théoriques, méthodologiques, pédagogiques et pratiques pour aider les équipes muséales, d'une part, à améliorer la résilience de leurs musées et, d'autre part, à rédiger, à mettre en œuvre et à mettre à jour leurs Plans de Sauvegarde des Biens Culturels, et à les articuler au sein de l'édifice territorial de la gestion des risques.

Les travaux qui font l'objet de ce document s'insèrent dans la mise en œuvre du deuxième objectif du projet MRI. Il fait suite à la rédaction d'un guide d'accompagnement à l'élaboration, la mise à jour et la mise en œuvre des Plans de Sauvegarde des Biens Culturels (PSBC) pour le risque inondation (Dal Falco & Mercantini 2018) ainsi qu'à la rédaction du PSBC du musée de la Camargue (Belfakir et al. 2018). De façon plus précise, ce travail représente la première étape de la création d'une plateforme internet d'aide à l'amélioration de la résilience des Musées de France face aux inondations, ainsi qu'à la gestion du même risque. Cette première étape s'est focalisée sur l'étude d'un outil informatique pédagogique fondé sur une représentation 3D d'un scénario d'inondation d'un musée générique.

Ce document est organisé en trois chapitres. Le premier chapitre aborde l’analyse du problème posé, la formalisation du cahier des charges ainsi que la présentation de la démarche méthodologique de travail adoptée. Le deuxième chapitre concerne l’étude du scénario d’inondation retenue avec une discussion sur les choix effectués. Le troisième chapitre concerne la conception et le développement de l’outil informatique sur la base d’une ontologie d’application. Les choix technologiques sont justifiés et les résultats obtenus sont discutés.

Chapitre 1

Analyse du problème, cahier des charges et méthodes de travail

1.1 Analyse du problème

Cette troisième phase du projet MRI vise à exploiter et étendre les résultats obtenus au cours des phases précédentes (Figure 1) ayant abouti, entre autres, à la rédaction d’un guide d’accompagnement à l’élaboration de PSBC (Dal Falco & Mercantini 2018). L’analyse du retour d’expérience, suite à la mise en œuvre de ce guide, a mis en évidence à la fois sa pertinence et la nécessité d’un accompagnement pédagogique, compte tenu de l’éloignement culturel entre le monde de la culture et celui des risques. Un éloignement pouvant rendre la démarche difficile et provoquer un certain découragement. Dans un but de rapprochement culturel, il est envisagé d’associer à ce guide un ensemble d’outils pédagogiques disponibles à partir d’une plateforme numérique. Il s’agit donc de poursuivre le travail de sensibilisation, de formation et d’appropriation de la culture du risque par les équipes des établissements culturels, tout en donnant à la démarche MRI une dimension d’accompagnement plus opérationnelle.

Ainsi, cette phase vise à définir des outils pédagogiques et professionnels d’aide à la transmission et à l’élaboration des savoir-faire nécessaires pour appréhender les concepts de résilience et de risque, planifier les mesures de prévention et de sauvegarde ainsi que les exercices d’entraînement, échanger les expériences et les bonnes pratiques. Les techniques de la modélisation 3D seront privilégiées pour ces outils.

De façon plus précise, une modélisation 3D d’un musée-type soumis au risque inondation doit être proposée. Une étude sur les types de scénarii d’inondation pouvant se produire doit permettre de déterminer les intérêts pédagogiques de chacun d’eux ainsi que de choisir celui qui fera l’objet d’une première simulation numérique. La notion de musée-type doit permettre, à chaque équipe muséale, de retrouver tout ou partie des caractéristiques de leur propre musée et ainsi, les amener à réfléchir sur ce qu’il pourrait advenir en cas d’inondation.

Bien que la modélisation et la simulation 3D puissent être accessibles et mises en œuvre de façon indépendante, elles prennent pleinement leur sens dans le cadre d’un programme de formation des équipes muséales, où elles constitueront une base de réflexion guidée en présentiel par des enseignants ou, par un ensemble de documents d’accompagnement pour des travaux individuels.

Une évolution possible de cette maquette serait la création d’un outil d’aide à la modélisation de musées spécifiques, à la simulation des différents scénarii d’inondation auxquels ils sont soumis, ainsi qu’à la simulation du déploiement des mesures (prévention, sauvegarde, évacuation, etc.) prises par les équipes muséales.

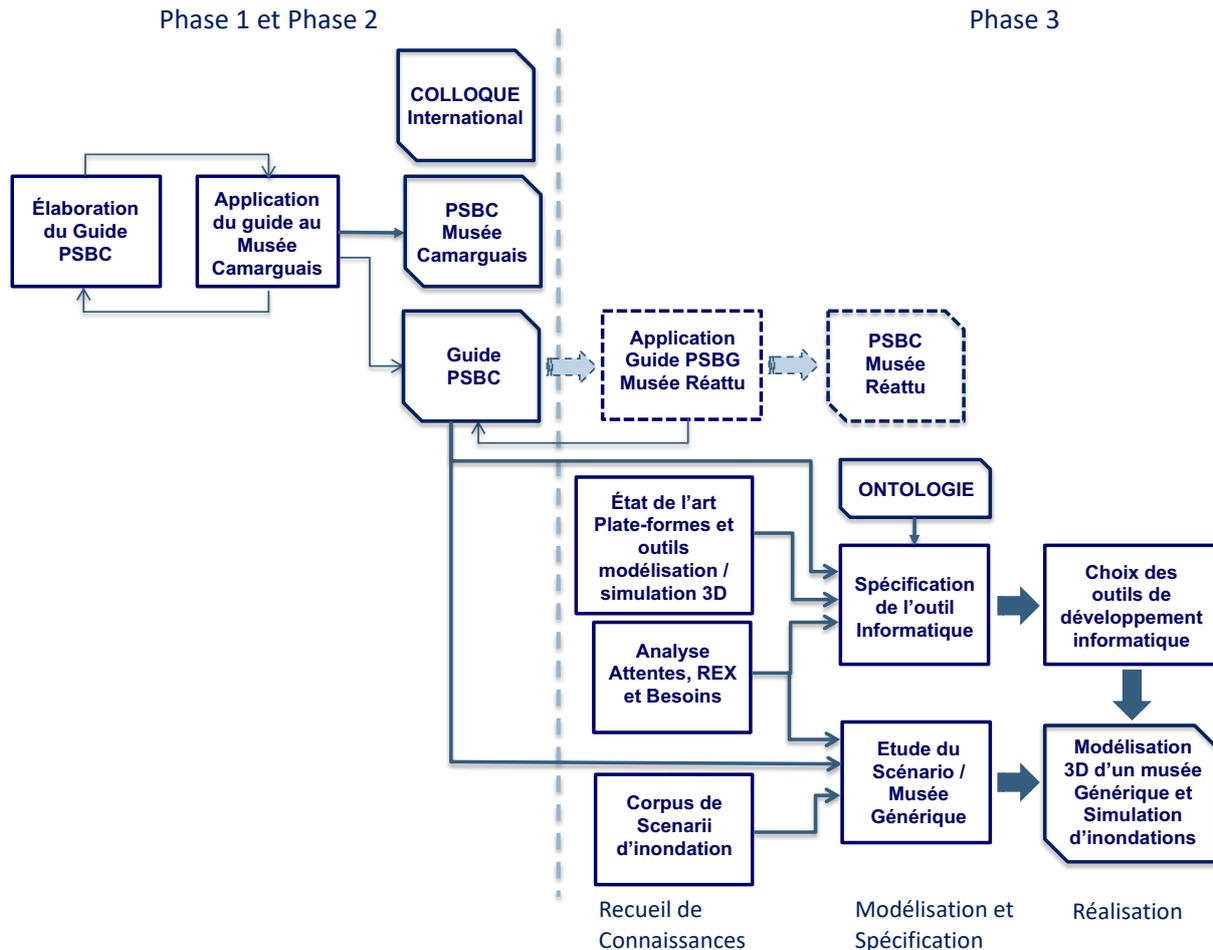


Figure 1 : Processus de développement des trois phases du projet MRI. La phase 3 vise au développement d’un outil de modélisation et de simulation 3D sur la base des travaux précédemment développés.

1.2 Cahier des charges et spécifications

Suite aux discussions menées au cours des différents COPILs, il a été décidé de focaliser ces travaux sur le choix d’un musée-type et d’un premier scénario d’inondation, de façon à pouvoir aboutir à un premier démonstrateur « complet » (Figure 2) :

- il doit être accessible via internet à partir d’un serveur et d’une plateforme d’accueil,
- il doit être utilisable en mode « stand alone » (autonome),
- il doit être exécutable sur téléphone portable et visualisable au moyen de lunettes en réalité virtuelle.

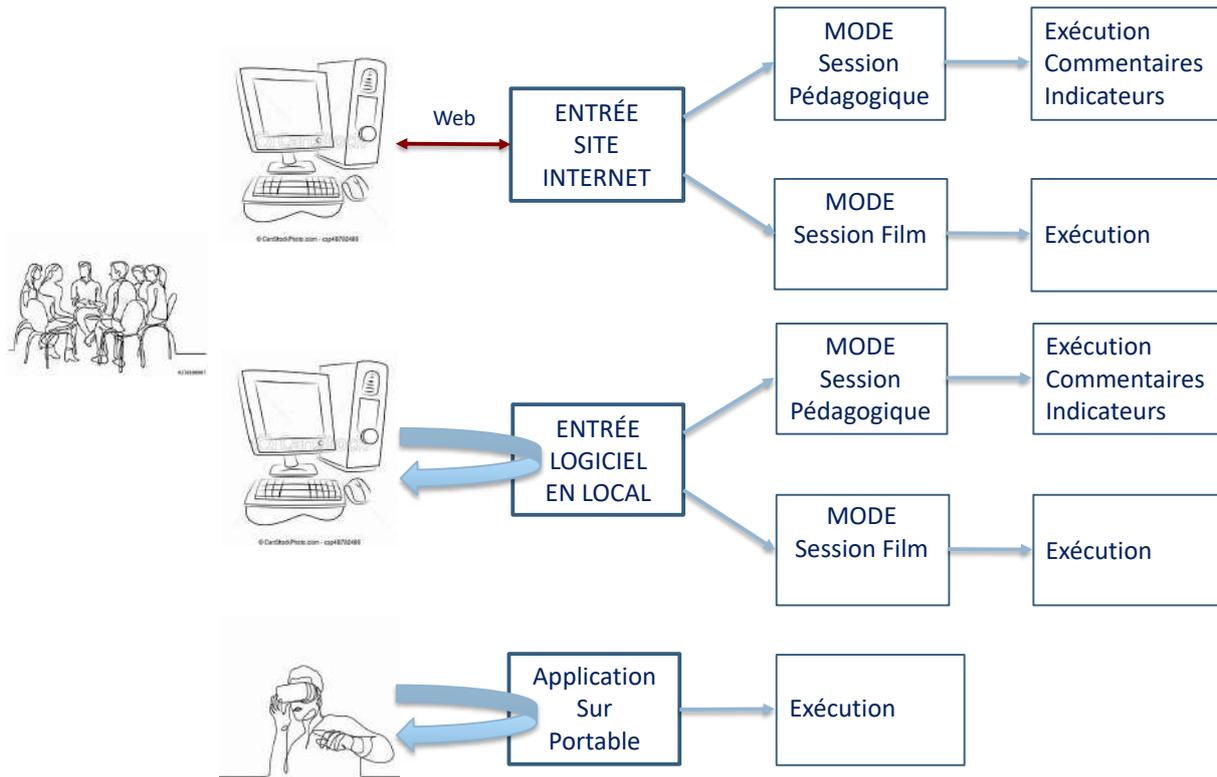


Figure 2 : Les trois modes d'utilisation de l'outil 3D : (1) via internet, (2) sur ordinateur en mode local et autonome (stand alone) et (3) avec des lunettes de réalité virtuelle.

Les résultats attendus doivent donner à l'utilisateur la sensation d'observer une inondation réaliste au sein d'un musée caractérisé par des paramètres de vulnérabilité au niveau du bâtiment, des biens culturels et de son agencement. Les choix du musée et du scénario d'inondation doivent également aider l'utilisateur à projeter ce qu'il voit dans son propre musée. Pour renforcer la dimension pédagogique, l'utilisateur pourra visualiser, sous forme de commentaire, les paramètres de vulnérabilité et des indicateurs lui montrant l'évolution des dégâts occasionnés au cours de l'inondation. Ainsi, plusieurs scènes peuvent être jouées autour d'un même scénario d'inondation :

- une visite du musée sans inondation ni commentaire,
- une visite du musée avec inondation et sans commentaire,
- une visite du musée sans inondation et avec commentaires,
- une visite du musée avec inondation et commentaires.

L’architecture du système développé doit permettre d’étendre facilement la liste des scénarii d’inondation ainsi que la liste des musées-types (Figure 3). Pour cette première réalisation, l’utilisateur dialogue avec une interface de visualisation et ne dispose que d’un seul scénario, mais il peut choisir la scène à jouer (avec ou sans inondation, avec ou sans commentaire). Il peut observer les conséquences associées qui apparaissent alors comme un enchaînement d’événements datés en connaissant les conditions d’entrées. Il peut visualiser le déroulement de ces événements à l’aide des indicateurs et de la visualisation. Les parties conception et saisie du scénario d’inondation, conception et implémentation du musée-type ainsi que la simulation sont effectuées par l’équipe de développement, mettant ce travail à disposition sur le serveur.

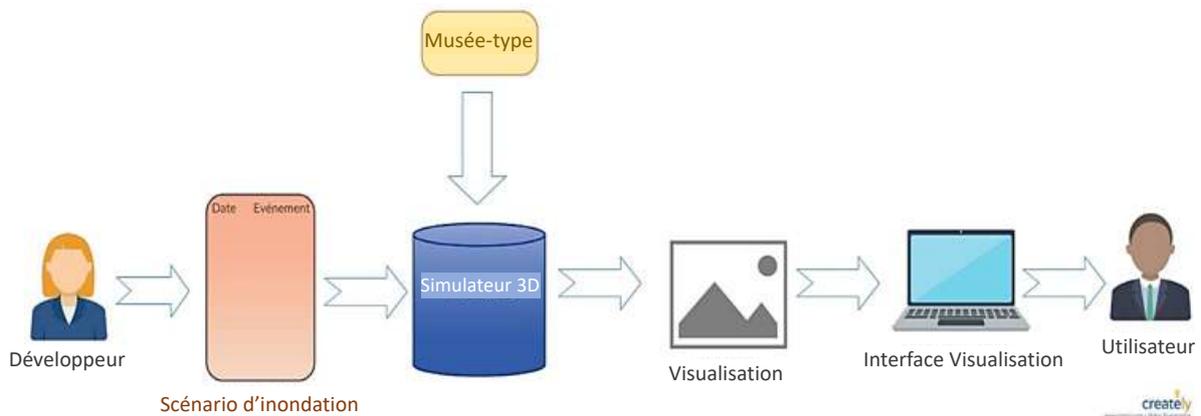


Figure 3 : Architecture logicielle

1.3 Diagramme de séquence d’utilisation

L’analyse menée au cours des paragraphes précédents a mise en évidence que lors de son exploitation, le système fait intervenir quatre acteurs : l’utilisateur, l’interface de visualisation ou Interface Homme-Machine (IHM), le serveur web et le simulateur. Une séquence de simulation faisant intervenir ces quatre acteurs. La figure 4 donne une représentation des différentes séquences d’utilisation possibles :

- (1) l’utilisateur accède à l’IHM pour formuler sa requête (exécuter une simulation),
- (2) la requête est transmise au serveur web,
- (3) le serveur web charge le simulateur ainsi que la page web correspondante,
- (4) la page web est affichée via l’IHM,
- (5) l’utilisateur sélectionne l’unique scénario disponible (le nombre de scénarii évoluera en fonction des évolutions futures du projet),
- (6) l’utilisateur commande l’exécution de la simulation,
- (7) le serveur web active la simulation,
- (8) le simulateur exécute la simulation et transmet les résultats au niveau de l’IHM.

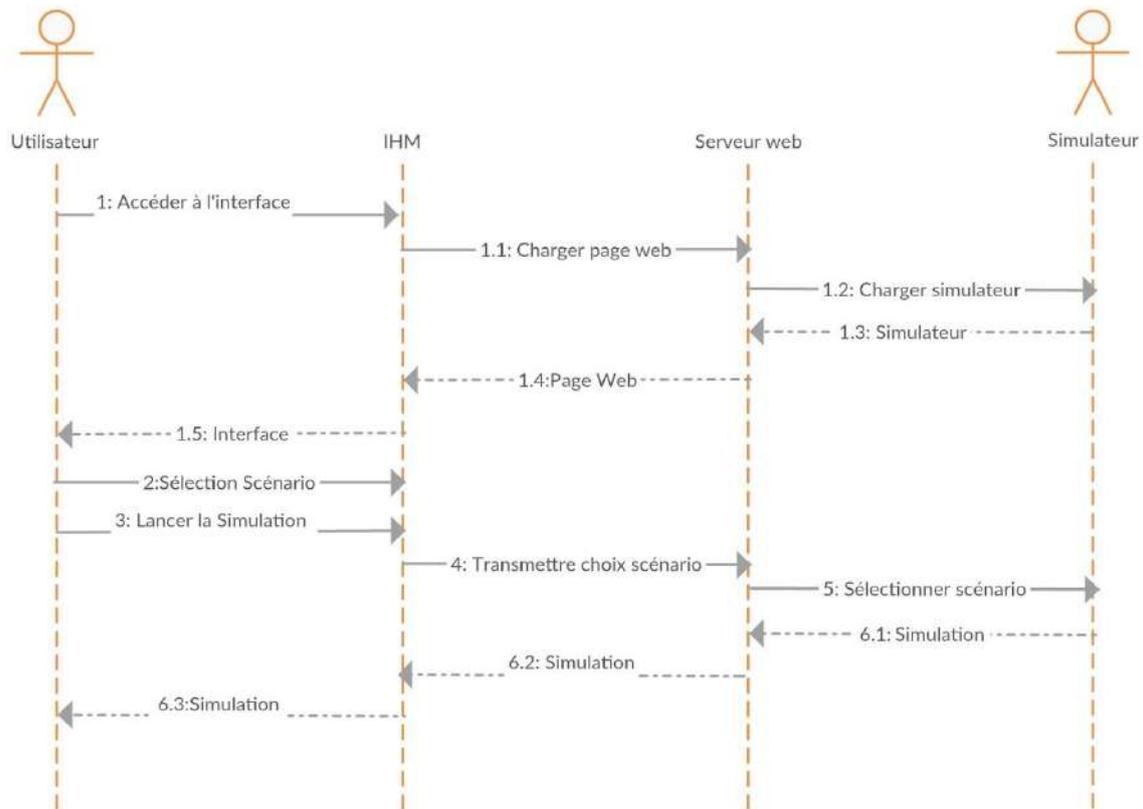


Figure 4 : le diagramme de séquence

1.4 Environnement de développement

L’environnement de développement du projet repose sur l’utilisation conjointe de *Blender* et *Unity* pour le développement 3D du musée et la simulation du scénario d’inondation ainsi que le développement de page HTML pour la partie serveur web. L’organisation logique de cet environnement de développement est donnée par la figure 5 ci-après.

Blender est un logiciel libre et gratuit de modélisation, de représentation 3D et d’animation. Il offre des fonctions pour le montage vidéo, la création d’applications 3D interactives ainsi que la simulation physique comme les fluides (Wikipédia a 2019)(Blender 2019).

Unity est un moteur de jeu multiplateforme (smartphone, ordinateurs, consoles de jeux vidéo et web) développé par Unity Technologies. Il est l’un des plus répandus dans l’industrie du jeu vidéo. Il propose une licence gratuite avec quelques limitation au niveau de l’éditeur, mais sans limitation au niveau du moteur (Wikipédia b 2019)(Unity 2019). *Unity* dispose d’une communauté active, ce qui est un atout intéressant pour résoudre les blocages techniques.

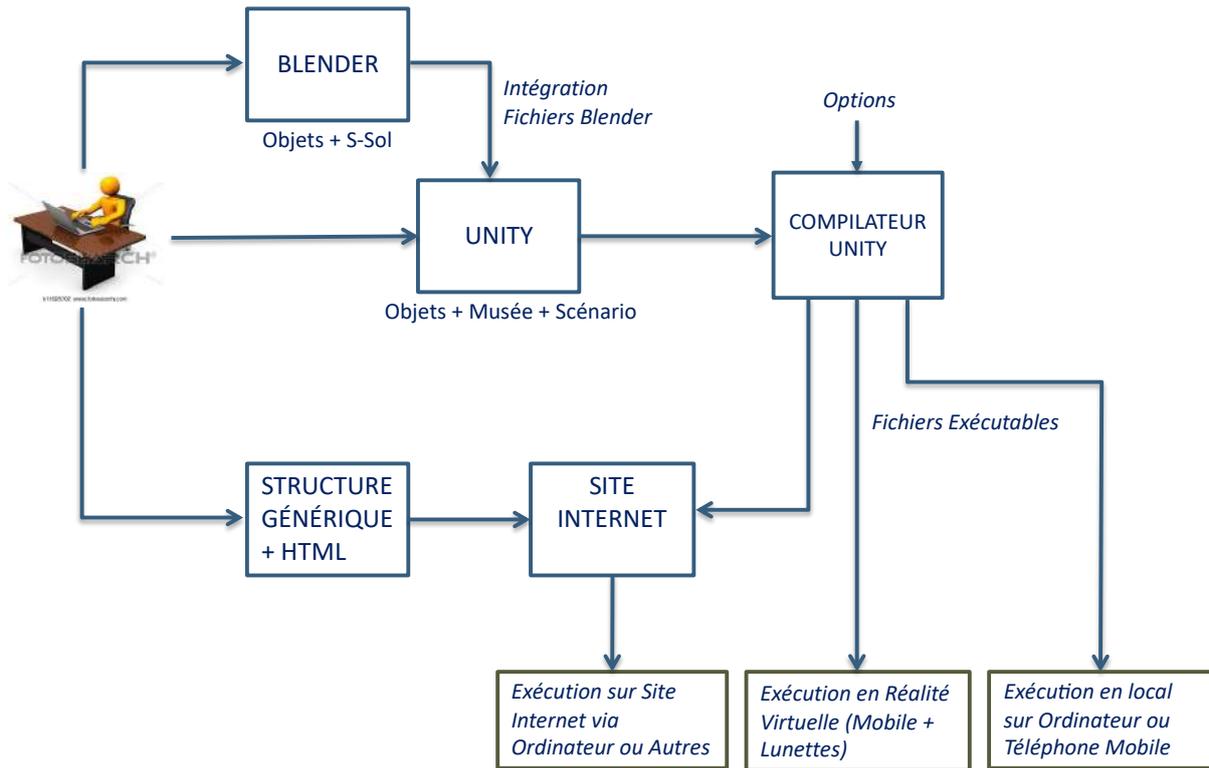


Figure 5 : Environnement de développement de la troisième phase du projet MRI.

Chapitre 2

Etude des Scénarios d'Inondation

2.1 Introduction

L’objet de ce chapitre est de proposer un modèle générique de scénario d’inondation, d’en déduire les différentes classes et de discuter sur les apports pédagogiques de chacune d’elles. Le modèle proposé est une synthèse issue de cas relatés par les responsables de musées ayant subi une inondation.

2.2 Démarche de l’étude

La démarche suivie est de type inductive. Elle repose sur l’analyse de cas d’inondation et du retour d’expérience des équipes qui les ont vécus (le corpus initial, voir Annexe 1). Les récits ont été analysés de façon à mettre en évidence les thèmes abordés librement par les responsables des musées.

Cette démarche a permis d’obtenir, comme résultat intermédiaire, un guide d’aide au recueil d’expérience sous forme de questionnaire. Le but du questionnaire étant de recueillir une description plus complète et plus précise de chacun des cas du corpus initial et de l’enrichir en soumettant ce même questionnaire à d’autres musées ayant subi une inondation. Un deuxième résultat important de cette démarche est que ce questionnaire constitue également un modèle de fiche guide d’aide à la formalisation des retours d’expérience. La démarche d’étude se présente sous forme d’un processus en six étapes :

1. Constitution du corpus de cas de retours d’expérience ;
2. Analyse du corpus ;
3. Elaboration du questionnaire ;
4. Soumission du questionnaire à l’ensemble des musées du corpus initial puis à d’autres musées ayant subi une inondation pour élargir le corpus ;
5. Analyse des retours en vue de mettre en évidence un modèle générique de scénario et de ces différentes classes ;
6. Choix du scénario qui fera l’objet de la simulation.

Le caractère inductif de la démarche présente l’avantage d’obtenir un questionnaire et un modèle de scénario qui soient cohérents avec le point de vu des responsables de musées sur leur vécu et sur leur façon d’en rendre compte. Le but recherché est d’aboutir à des outils (questionnaire et modèle de scénario) empreints de la vision, de la culture et de la démarche intellectuelle de ses potentiels futurs utilisateurs.

2.3 Constitution du Corpus Initial

Les récits de retour d’expérience et témoignages constituant le corpus initial ont été obtenus au cours des COPILS des phases précédentes du projet MRI. Ils concernent les musées suivants (Annexe 1) :

- Musée de la Camargue – Arles
- Musée départemental de l’Arles antique – Arles
- Musée Réattu – Arles

- Museon Arlaten – Arles
- Musée Promenade – Louveciennes
- Musée Girodet – Montargis
- Château-musée – Nemours
- Musée de la Franc-maçonnerie – Paris
- Le musée de Provins et du Provinois – Provins
- Musée départemental Stéphane Mallarmé – Vulaines-sur-Seine

2.4 Analyse des retours d'expériences (Corpus initial)

L'analyse des documents du corpus met en évidence une certaine régularité dans les termes employés ainsi que pour une partie des thèmes abordés. Vingt thèmes sont évoqués pour décrire le musée, l'inondation et son traitement. Ils se répartissent suivant six grandes classes d'informations dont chacune intervient de façon plus ou moins directe dans le déroulement du scénario d'inondation, dans sa compréhension et son interprétation. Les six classes (ou catégories) d'informations identifiées sont les suivantes :

- A. La description du musée et de son environnement* qui couvre sa localisation, ses spécificités, son environnement climatique et urbain ainsi que son historique (du point de vue des inondations) ;
- B. La description de l'inondation* qui couvre sa description et son contexte ;
- C. Le traitement de l'inondation et des biens culturels (la sauvegarde)* qui couvre l'alerte, les opérations d'évacuation préventives, de protection, de sauvetage, de transport, d'entreposage et de restauration ;
- D. L'organisation du retour à la normale (nettoyage et remise en service) ;*
- E. L'évaluation des dommages et les relations avec les assurances ;*
- F. L'analyse du retour d'expérience et les mesures d'amélioration.*

Dans ce qui suit, chacune des classes et des thèmes qui la constitue sont repris de façon plus détaillée.

A. Description du musée et de son environnement

Les informations relatives à cette classe (catégorie) constituent le contexte permanent du musée couvrant les aspects climatique, urbain, géographique, historique et muséal.

A.1. Localisation du musée

Ce travail de positionnement du musée dans son environnement (géographique, urbain, zone PPRI, autres) permet de mieux comprendre l'inondation vécue qui fait l'objet du retour d'expérience. Par comparaison avec le zonage théorique du PPRI, il est possible de mieux évaluer, ou réévaluer, le « potentiel d'inondation » du musée pour les démarches futures. La comparaison entre le vécu et le potentiel peut donner une idée réaliste des possibles dommages.

A.2. Spécificités du musée

Les spécificités du musée sont les caractéristiques qui peuvent influencer et expliquer le déroulement et les conséquences de l'inondation. Elles concernent :

- le bâtiment (rehaussement, extension, zone refuge pour les biens et les personnes, autres) ;
- les collections (nature et état des collections, sensibilité, vulnérabilité, autres) ;
- le fonctionnement du musée (transitoire, permanent, en travaux, etc.) ;
- les services du musée (laboratoires internes, laboratoire de restauration, autres) ;
- les équipements du musée (clapets anti-retour, système d'Alerte, autres) ;
- les réserves du musée (localisation, capacité, utilisabilité, stockabilité, autres) ;
- l'organisation du musée (le personnel, les missions, les rotations, les astreintes, l'ouverture au public, autres) ;
- l'existence d'un PSBC (avec la liste des œuvres prioritaires, état de réalisation du plan) ;
- les conventions avec d'autres organismes ;
- les mesures de prévention en place.

A.3. Environnement Climatique et Urbain (canalisations)

Il s'agit de donner une description qualitative de l'environnement climatique et urbain connu du musée (contexte environnemental). Ces informations, dont la connaissance est nécessairement antérieure à l'inondation, sont de nature à définir le caractère exceptionnel ou non des phénomènes auxquels le musée a dû faire face. L'environnement urbain couvre les connaissances sur les différentes sources de risque d'inondation anthropiques.

A.4. Historique des inondations du Musée

Il s'agit du complément quantitatif du point A.3., à savoir : (1) le nombre d'inondations vécues, les dates, les sources, (2) les hauteurs d'eau, les durées des inondations, (3) la gravité des conséquences, etc.

B. Description de l'inondation

B.5. L'inondation (celle qui fait l'objet du récit)

Le terme « phénomène » est employé de façon générique et couvre aussi bien les phénomènes d'origine naturelle (épisodes cévenols, autres) que ceux d'origine anthropique (rupture de canalisations (externes ou internes), fuites, infiltrations, autres). La description de l'inondation couvre :

- la description du phénomène à l'origine de l'inondation (la cause, la source) ;
- les délais entre l'occurrence du phénomène et le début de l'inondation du musée (cinétique du phénomène). On peut éventuellement développer l'enchaînement des événements : phénomène climatique, crue, inondation territoire, inondation musée ;
- la durée de l'inondation ;

- la hauteur d'eau, etc.

B.6. Contexte situationnel de l'inondation du musée

Le contexte situationnel décrit les conditions particulières dans lesquelles l'inondation s'est produite. D'une façon générale, les éléments du contexte situationnel sont susceptibles de modifier ou d'influencer la signification, la compréhension, l'interprétation, la fonction et la mise en œuvre des autres éléments du scénario (en particulier les tâches à effectuer). La description des contextes permanent et situationnel du musée permet de mieux interpréter les actions entreprises au cours de la gestion de l'événement. Une liste non exhaustive des éléments de ce contexte a pu être extraite :

- les date et heures ainsi que leurs caractéristiques (jour férié/ouvert, nocturne, diurne, vacances, etc.) ;
- le public (affluence, autres) ;
- l'état du musée (Travaux, sous-effectif, sur effectif, grève, ...)
- l'existence d'un PSBC ;
- la perte des réseaux (électricité, eaux, gaz, téléphone, informatique) : date et durée.

C. Traitement de l'inondation et de ses conséquences

Cette classe regroupe les opérations effectuées pour répondre à l'inondation et à ses conséquences (dommages). L'analyse du corpus a mis en évidence que ces opérations pouvaient être classées suivant huit phases pouvant représenter les huit phases possibles du traitement d'une inondation et de ses conséquences. L'expérience montre que ces huit phases ne sont pas forcément toujours présentes selon le contexte (voir Annexe 1). Pour faciliter (i) le suivi des opérations en temps réel (la progression de chacune des phases), (ii) la constitution des fiches de retour d'expérience (FREX), et (iii) les séances de débriefing, il est nécessaire de procéder à une « main courante ».

C.7. L'alerte

C'est la description du déroulement réel de la façon dont l'alerte s'est propagée, depuis la source d'émission jusqu'à sa réception par un responsable du musée. A priori, le processus d'alerte s'appuie sur un processus de surveillance et de veille. Mais l'alerte peut très bien emprunter un tout autre chemin surtout si le processus de surveillance et de veille est indisponible. Il s'agit de donner :

- la description du processus de surveillance et de veille activé (moyens techniques et humains, organisation, état, ...)
- la description du processus d'alerte (moyens, structure, organisation, état) ;
- le temps de réponse du processus d'alerte (les retards), depuis le phénomène à l'origine de l'inondation jusqu'à ce que l'information arrive à un responsable du musée ;
- l'interprétation de l'alerte par les responsables du musée et décisions.

C.8. Les opérations d'évacuation préventive

Il s'agit d'opérations préventives entreprises avant que les biens ne soient en danger. Si l'alerte est donnée suffisamment à l'avance, il est alors possible d'engager de telles opérations. Une difficulté réside dans la prise de décision par rapport à une mise en danger hypothétique (fiabilité de l'alerte et de la prévision). La description de ces opérations couvre :

- la description du processus décisionnel qui a déclenché l'évacuation ;
- le choix des œuvres à évacuer ;
- la description des règles de répartition des biens culturels s'il existe plusieurs lieux de repli ;
- la description des opérations d'évacuation (moyens, durée, méthode, ...) ;
- le choix des lieux de mise en sécurité ;
- le suivi et la traçabilité des œuvres (pointage, gestion informatique, autres) ;
- le management des opérations d'évacuation prévisionnelle (coordination, ...).

Dans le cas où il existe un PSBC, mettre en évidence les écarts entre ce qui est prescrit et ce qui a été effectivement réalisé.

C.9. Les opérations de protection

Il s'agit des opérations de protection du musée, vis-à-vis de l'inondation, qui ont pour objectif d'éviter que le musée ne soit inondé. Il peut s'agir, par exemple, de la mise en place de batardeaux ou tout autre système amovible. Il peut s'agir, également, d'opérations plus ciblées, à l'intérieur du musée, comme la protection sur place (ou non) d'œuvres difficilement transportables. La description de ces opérations couvre : les moyens humains mobilisés, les moyens techniques mobilisés, la logistique mobilisée, la durée de l'opération, l'efficacité, etc.

C.10. Les opérations de sauvetage

Les opérations de sauvetage consistent à extraire les biens culturels des situations de danger. L'aboutissement du sauvetage peut consister à placer les biens en un lieu sécurisé (vis à vis de l'eau, du vol, autres risques) temporaires ou un lieu de sauvegarde pour une période plus importante. Les informations importantes à collecter sont :

- les date et heure du déclenchement des opérations de sauvetage ;
- la justification du déclenchement de ces opérations ;
- le choix des œuvres ;
- la description des opérations de sauvetages en précisant les moyens employés pour exécuter chacune d'elle (pour les moyens humains, préciser le niveau de formation pour effectuer ces opérations) ;
- la durée d'exécution des opérations de sauvetage ;
- la description du contexte dans lequel ont été effectuées ces opérations ;
- les erreurs commises lors de ces opérations ;

- les lieux de mise en sécurité temporaire des biens culturels (description, disponibilité, aménagement, autres). Ces lieux peuvent être confondus avec celui de mise en sauvegarde ;
- la durée d'entreposage ;
- le suivi et la traçabilité des œuvres ;
- la logistique mobilisée.

C.11. Les opérations de transport

Ce sont les opérations qui consistent à déplacer les biens d'un lieu à un autre. Par exemple, du lieu sécurisé relatif aux opérations de sauvetage vers un lieu de sauvegarde ou directement vers le lieu de sauvegarde. Ces opérations peuvent nécessiter un véhicule de transport si le lieu de destination est distant du musée. Il est important que les itinéraires devant être empruntés soit définis en amont et connus des autres acteurs de la sécurité civile (collectivités territoriales, pompiers, police, etc.) afin de coordonner les déplacements. Ces opérations concernent :

- le chargement des véhicules (description, moyens, durées, etc.) ;
- le transport (description, moyens, durées, etc.) ;
- le déchargement des véhicules (description, moyens, durées, etc.) ;
- les équipements utilisés (chargement, transport, déchargement, etc.) ;
- les itinéraires empruntés (description, coordination, etc.) ;
- les véhicules de transport utilisés (description, type, nombre, aménagements particuliers, emprunt, etc.) ;
- la mobilisation de véhicules avec chauffeurs (moyens, etc.) ;
- le suivi et la traçabilité des œuvres.

C.12. Les opérations d'entreposage

Elles consistent à placer les biens en un lieu où ils peuvent demeurer sur une longue période à l'abri de toutes atteintes. Les opérations d'entreposage incluent de façon non exhaustive : le choix des œuvres, la manutention, le transport (sur courte distance), l'organisation de l'entreposage, etc.). Ainsi, il est important de donner une description :

- des opérations de manutention ;
- des moyens techniques pour effectuer l'entreposage ;
- le choix et la répartition des œuvres, si plusieurs lieux d'entreposage ;
- la façon dont les œuvres sont entreposées ;
- l'organisation des opérations ;
- le suivi et la traçabilité des œuvres.

C.13. Les opérations de stabilisation

Les traitements de stabilisation ont pour buts d’arrêter les processus de dégradation des matériaux lorsque les œuvres sont atteintes par l’eau et ce qu’elle véhicule. Suite aux actions de l’eau, ces opérations peuvent devoir être entreprises très rapidement et sur site en fonction de la nature de l’œuvre. Il est important de donner une description précise de ces opérations pour en informer les équipes qui seront en charge de l’entreposage, de la restauration ou de la conservation. Parmi ces opérations, on peut citer le nettoyage, le séchage, la congélation, etc. Ainsi, il est important de relever : le choix des œuvres traitées, la nature des opérations de stabilisation, les produits employés, la qualification des personnes ayant opéré, la durée de contact avec l’eau, autres.

C.14. Les opérations de restauration des collections

Les opérations de restauration consistent à remettre en état les objets qui ont été dégradés. Ces opérations peuvent occuper une période importante (plusieurs mois) et nécessiter des techniques sophistiquées et de la main d’œuvre hautement qualifiée. De ce fait, en général, elles ne peuvent être entreprises durant le traitement « temps réel » de l’inondation et de ses conséquences. Toutefois, les choix effectués au cours des opérations d’évacuation préventive, de sauvetage, de stabilisation et d’entreposage peuvent faciliter ou entraver les opérations de restauration. Si, toutefois, il s’avérait nécessaire de procéder à des opérations de restauration (cf. Annexe 1, cas du musée Girodet de Montargis), il est important de donner une description :

- des opérations de restauration réalisées pour chaque œuvre ;
- du système de suivi et de traçabilité des œuvres ;
- de la façon dont la main courante est maintenue. Une main courante spécifique à cette phase peut être nécessaire.

D. Nettoyage et remise en service du musée

Cette classe regroupe les opérations qui suivent l’inondation du musée jusqu’à sa réouverture au public. Elles définissent l’organisation du retour à la normale. Ces opérations peuvent aller du simple nettoyage jusqu’à la reprise du gros œuvre et du second œuvre. Dans le cas du « simple » nettoyage, ces opérations restent délicates car elles peuvent nécessiter de déménager les collections, même si les œuvres d’art n’ont pas été atteintes par l’eau. Dans les cas de reprises du gros et second œuvre, ces opérations peuvent prendre plusieurs mois (cf. Annexe, cas du musée Promenade). Dans tous les cas, le musée n’est plus dans un contexte d’urgence, sous fortes contraintes temporelle, de sécurité, de sûreté et de stress. C’est peut-être la raison pour laquelle les REX du corpus sont très laconiques sur cette phase.

Dans les cas où il est nécessaire de déplacer les œuvres, le REX (nettoyage et remise en service) peut être d'une grande utilité pour tester et discuter de la validité des procédures établies pour les opérations de déplacement en situation d'urgence (évacuation préventive, sauvetage, transport, etc.).

D.15. Les opérations de nettoyage des bâtiments

Il s'agit d'opérations de « simple » nettoyage, sans intervention sur le gros ou second œuvre. Ces opérations sont nécessairement effectuées à la suite d'une inondation, mais peuvent être entreprises dans le cadre d'un entretien courant. Dans l'un et l'autre cas, il est intéressant de « profiter » de ces opérations pour tester tout ou partie des procédures destinées à être exécutées dans des situations d'urgence et d'en retirer un REX pour éventuellement procéder à des mises à jour. En fait, ces opérations constituent d'excellents exercices de simulation. Dans ces conditions, il est important de relever : les difficultés à mettre en œuvre les procédures établies, de mesurer les temps nécessaires à leur exécution, de relever les incohérences d'organisation (moyens humains et matériels, coordination), etc.

D.16. Les opérations de rénovation, de réparation et d'amélioration des bâtiments

Il s'agit d'opérations qui nécessitent un déménagement des œuvres d'arts, ce qui nous ramène dans le cas précédent (D.15), de « profiter » de ces opérations pour tester tout ou partie des procédures destinées à être exécutées dans des situations d'urgence et d'en retirer un REX pour éventuellement procéder à des mises à jour. Dans ces conditions, il est important de relever :

- les difficultés à mettre en œuvre les procédures établies ;
- de mesurer les temps nécessaires à leur exécution ;
- de relever les incohérences d'organisation (moyens humains et matériels, coordination) ;
- la durée d'indisponibilité du musée (fermeture).

À la suite d'une transformation du bâtiment, il est nécessaire d'en mesurer l'impact sur le PSBC et de procéder à sa mise à jour.

D.17. Les opérations de remise en service

Ce sont les dernières opérations avant la réouverture au public : les contrôles de conformité, de sécurité, de protection, de surveillance, etc.

E. L'évaluation des dommages et les relations avec les assurances,

E.18. Les opérations d'évaluation des dommages

Il s'agit de pouvoir évaluer les dommages aux personnes, aux bâtiments et aux biens culturels, dans l'objectif de se préparer à la confrontation avec les assurances et les organismes de tutelle. De toutes évidences, les techniques d'évaluation nécessitent des domaines d'expertises différents et il est nécessaire de s'y préparer en amont.

E.19. Relation avec les assurances

Il apparaît que les relations avec les assurances ne sont pas choses aisées, d'autant plus lorsque le musée ne s'y est pas préparé en amont. Les REX mettent en évidence la complexité de ces relations, sans pour autant détailler la nature de cette complexité.

F. L'analyse du retour d'expérience et les mesures d'amélioration.

F.20. Analyse de la conduite du traitement de l'inondation

Il s'agit, au cours de cette partie, de réaliser l'analyse du REX sur la façon dont l'ensemble des opérations se sont déroulées. En particulier, il est important d'évaluer, d'analyser et d'interpréter les retards identifiés, les carences, les inefficiences, les compétences, les écarts entre ce qui est prescrit (dans la PSBC) et ce qui a été effectué, les dysfonctionnements, afin de pouvoir formuler des propositions de mesures d'amélioration au niveau du musée, au niveau du territoire, au niveau du personnel, etc.

2.5 Le Questionnaire

Le questionnaire est élaboré sur la base de l'analyse des documents du corpus initial telle que présentée au cours du paragraphe précédent (§ 2.4). Il couvre exactement les classes d'information A (description du musée et de son environnement), B (description de l'inondation), C (traitement de l'inondation) et D (organisation du retour à la normale). Pour faciliter son accès, il est directement disponible en version électronique sur internet (voir Annexe 2).

Le but de ce questionnaire est triple : son premier but est de compléter les retours d'expérience et témoignages qui constituent le corpus initial ; son deuxième but est d'inviter d'autres responsables de musées ayant été inondés à y répondre de façon à élargir le corpus initial ; son troisième but est de servir de base à la formalisation d'un document d'aide à la constitution des retours d'expérience suite à des inondations.

Le questionnaire a été envoyé à une trentaine de musées via internet (mailing). Malheureusement, le seul retour de cette campagne est celui qui a fait l'objet d'un déplacement et d'une rencontre physique (Musée Réattu – Arles). Le problème n'est pas celui de la motivation des équipes muséales, mais plutôt le manque de temps et l'effort initial pour se mettre dans l'esprit du questionnaire. Les échanges en présentiel masquent les difficultés et limitent le temps consacré. Malheureusement, il nous a été impossible d'entreprendre une telle campagne pour tous les musées par manque de disponibilité temporelle et de ressources humaines et financières.

2.6 Le modèle de scénario d’inondation

L’élaboration du modèle de scénario d’inondation repose sur (i) le corpus initial et son analyse, (ii) l’élaboration du questionnaire et son retour, (iii) la réalisation du Guide d’accompagnement à l’élaboration, la mise à jour et la mise en œuvre des Plans de Sauvegarde des Biens Culturels (PSBC)(Dal Falco & Mercantini 2018), (iv) le développement du PSBC du musée de la Camargue et les deux exercices de simulation. Devant le faible nombre de retours du questionnaire, le corpus initial a été complété par des informations obtenues via des articles de journaux et des communications effectuées lors de colloques (Cerema 2017)(EPTB 2017)(Mercantini & Dal Falco 2018). Le corpus final est ainsi constitué des cas d’inondation du tableau 1.

Tableau 2.1 : Les musées du corpus final. Les musées repérés par (T) étaient en situation de travaux lors de l’inondation.

Musée	Type d’Inondation	Impact
Musée Arlaten	Dégât des eaux (2013 et 2015)	En étage
Musée de la Camargue	Inondation du Rhône (1993 et 1994)	Salle d’exposition en RdC
Musée Girodet de Montargis (T)	Inondation du Loing (2016)	Les 2 niveaux de sous-sol (72h)
Musée de Louveciennes	Rupture de canalisation (2016)	Réserves et salles d’exposition en sous-sol
Musée Mallarmé	Inondation de la Seine (2016)	Non inondé
Musée Réattu	Inondation du Rhône (1994 et 2003)	Cour intérieure et salles en RdC
Musée Unterlinden (T)	Fort orage (2011)	Salle exposition en Sous-sol

2.6.1 La notion de scénario dans le cadre de l’inondation d’un musée

Dans le cadre de cette étude, le concept générique de « scénario d’inondation » est constitué d’un ensemble d’éléments nécessaires à la représentation de cas particuliers d’inondations de musées. Dans ce sens, *un scénario d’inondation est composé : d’acteurs, de séquences d’actions et d’événements, du musée avec ses collections et ses équipements, du public, de l’inondation avec ses causes et conséquences et du contexte*. Cette définition s’inspire de celle proposée par (Go & Carroll 2003) et de l’étude qui a abouti à l’élaboration du questionnaire (voir § 2.4).

La représentation générique statique du scénario d’inondation (Figure 2) met en évidence ses composantes (ou concepts) ainsi que les relations qui les lient.

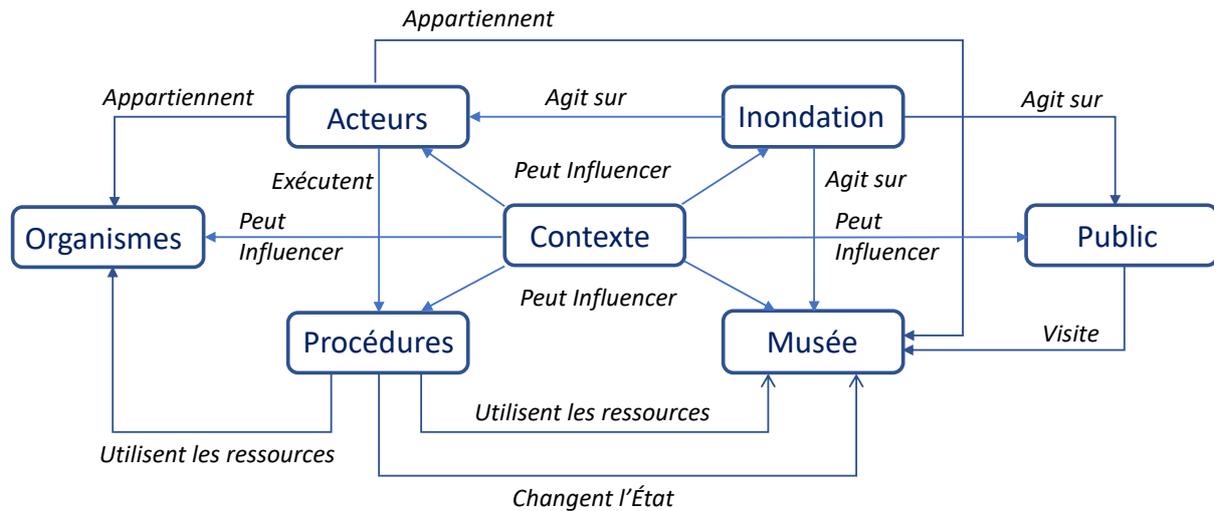


Figure 2.1 : Représentation conceptuelle générique statique du scénario d'une inondation

2.6.2 Le contexte

Le *Contexte* joue un rôle particulièrement important dans le sens où il peut influencer ou modifier les propriétés et comportements des autres composantes du scénario, voire même modifier la nature des relations qui les lie. On distingue deux types de contextes : le Contexte Permanent (A1, A3, A4) et le Contexte Situationnel (B6). Le contexte permanent est composé d'éléments dont la dynamique d'évolution est très lente, voire nulle. Par exemple, la *Localisation* géographique du musée, l'*Urbanisation* ou son *Environnement* écologique. Le Contexte Situationnel est spécifique du jour de l'inondation (*Date, Heure, Météorologie, État des réseaux, absence de personnel*, etc.).

Suivant le contexte considéré et son évolution, on peut distinguer six classes principales de scénarios d'inondation :

- Le musée seul face à l'inondation (S1) ;
- Le musée et son équipe muséale face à l'inondation (S2) ;
- Le musée et les acteurs externes face à l'inondation (S3) ;
- Le musée, l'équipe muséale et le public face à l'inondation (S4) ;
- Le musée, l'équipe muséale et les acteurs externes face à l'inondation (S5) ;
- Le musée, l'équipe muséale, les acteurs externes et le public face à l'inondation (S6).

D'autres éléments contextuels participent à la création de sous-classes de ces scénarios, par exemple la perte des réseaux (eaux, gaz, électricité, informatique, etc.), la coupure des voies d'accès, la disponibilité partielle de l'équipe muséale, la présence de travaux, un public nombreux d'enfants (réception de classes scolaires), etc.

2.6.3 Le musée

Le *Musée* (le concept *Musée*) représente la dimension physique et il est modélisé par les éléments qui le constituent (relation « *est composée de* ») : bâtiments, équipements, services, collections, organisation (A2). La dimension humaine et sociale du musée est décrite par les parties (concepts) *Acteurs* et *Public*.

2.6.4 L'inondation

L'*Inondation* représente la submersion du musée (B5), elle est directement liée à l'événement « *entrée de l'eau* » dans le musée. Elle peut être caractérisée par la durée, le niveau d'eau maximal, la vitesse de montée de l'eau, l'origine et la nature de l'eau, etc. L'ensemble de ces caractéristiques est nécessaire à la planification des Actions, à leur mise en œuvre ainsi qu'à l'estimation des dommages sur les biens.

2.6.5 Les acteurs

Les *Acteurs* représentent l'ensemble des personnes engagées suite à l'inondation. Ils agissent pour lutter contre l'inondation et ses conséquences. Ce sont les moyens humains dont il est fait référence au cours de l'analyse des cas d'inondation (cf. § 2.4), à savoir l'équipe muséale, la sécurité civile, les services de secours, les agents territoriaux, les associations de bénévoles, etc.

Ces acteurs peuvent influencer les dommages dans les deux sens : s'ils peuvent les limiter par leurs actions, ils peuvent aussi aggraver la situation s'ils ignorent comment agir durant un tel événement.

2.6.6 Les actions

Les *Actions* représentant de façon générique les procédures, tâches ou opérations effectuées par les Acteurs. Elles jouent un rôle essentiel dans la limitation des dégâts. Elles peuvent avoir été planifiées et rédigées de façon prévisionnelle, avant le déclenchement de la situation de crise. Elles sont mises en œuvre par les acteurs et doivent être claires et facilement compréhensibles. Elles doivent, également, être facilement accessibles pour agir au plus vite (C7 à C14 et D15 à D17).

2.6.7 Les organismes

Les *Organismes* représentent les structures de tutelle des *Acteurs* et sont, par conséquent, fournisseurs de ressources humaines et matérielles.

2.7 Scénario retenu dans le cadre du projet

D'une façon générale, les objectifs d'une politique globale d'aménagement et d'organisation d'un musée en vue de le rendre résilient aux inondations, peuvent se décliner de la façon suivante :

1. Faire en sorte que le musée ne soit pas submergé malgré la présence d'une inondation sur le territoire (musée résistant aux inondations) ;
2. Faire en sorte que s'il est submergé, les œuvres ne soient pas atteintes, soit (2a) par la seule présence d'aménagements spécifiques, soit (2b) par les actions conjuguées des acteurs (musée tolérant aux inondations) ;
3. Faire en sorte que si les œuvres sont atteintes, elles subissent un minimum de dommages grâce à une combinaison (3a) de leurs conditionnements (exposition, protection) et le fait qu'elles puissent être (3b) évacuées, (3c) traitées et (3d) rétablies dans les meilleurs délais (tolérance aux dommages et disponibilité des œuvres) ;
4. Faire en sorte que si les bâtiments sont atteints, ils subissent un minimum de dommages grâce à une combinaison (4a) de leurs aménagements et qu'ils puissent être (4b) nettoyés, (4c) restaurés et (4d) rétablis dans les meilleurs délais (tolérance aux dommages et disponibilité du musée).

2.7.1 Le Contexte

Dans le cadre de ce projet, nous situons le scénario dans le contexte situationnel où le musée est fermé, sans public, ni acteur (scénario S1) (figure 2.2). Ce contexte situationnel est significatif de l'occurrence d'une inondation dans les cas suivants :

- Au cours de la période de fermeture journalière du soir au matin ;
- Au cours du (ou des) jour(s) de fermeture hebdomadaire ;
- Au cours de la fermeture annuelle ou des jours fériés.

Au cours de chacune de ces périodes, le musée est livré à lui-même face à l'inondation et sa seule capacité de réponse est liée à l'intelligence de son organisation physique. D'un point de vue temporel, on peut estimer, sans étude statistique particulière, que le musée est ainsi livré à lui-même pendant plus de 50% du temps.

L'objectif pédagogique de ce scénario est d'amener l'équipe muséale à réfléchir sur la meilleure organisation physique du musée de façon à lui donner un meilleur niveau de résilience intrinsèque (ou encore résilience de base ou statique). Les objectifs directs d'aménagement et d'organisation sont par conséquent ceux décrits par les points (2a), (3a) et (4a) cités ci-dessus.

L’outil informatique qui doit jouer ce scénario (objet de ce projet) sera à terme un soutien et une aide à la réalisation de la première étape du processus d’élaboration d’un Plan de Sauvegarde des Biens Culturels (PSBC) (Dal Falco & Mercantini 2018), à savoir, « L’analyse du musée et de son environnement » dont l’objectif est de mettre en évidence les forces et les vulnérabilités d’un musée.

Ainsi, l’outil proposé se présente comme une aide à la sensibilisation des équipes muséales aux conséquences d’une inondation de façon à les rendre à même de déceler dans leur propre musée les points critiques devant faire l’objet de mesures spécifiques. Il va sans dire que ces mesures spécifiques ne doivent pas entraver les actions (2b), (3b), (3c), (3d), (4b), (4c) et (4d).

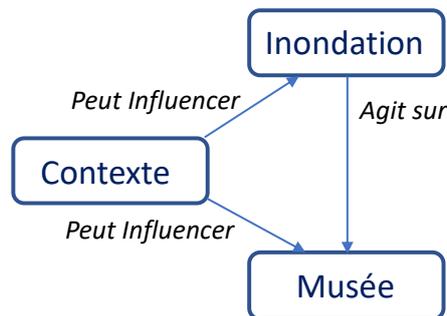


Figure 2.2 : Représentation conceptuelle générique statique des scénarios étudiés dans le cadre de ce projet

2.7.2 Le Musée

L’architecture générique retenue est celle d’un musée à trois niveaux : un sous-sol, un rez-de-chaussée (RdC), un étage. Au niveau du sous-sol, seront disposés des réserves et ateliers, de l’entreposage de matériels, de produits et de matériaux divers. Les RdC et premier étage seront réservés pour les salles d’expositions. Des objets de tous types et tous matériaux seront exposés.

2.7.3 L’inondation

Le type d’inondation retenu est celui d’une montée lente des eaux depuis le sous-sol jusqu’à mi-hauteur du RdC. En fonction du niveau d’eau atteint au cours de la simulation et la possibilité d’effectuer des arrêts sur images, la plupart des cas d’inondation du corpus sont ainsi couverts.

2.7.4 La notion de session pédagogique

La portée pédagogique étant essentielle dans ce projet, il faut définir le cadre dans lequel doit prendre place la réalité virtuelle de la simulation du scénario. Pour cela, la notion de session pédagogique a été définie et se déroulera de la façon suivante :

1. Visite virtuelle du musée générique avant l'inondation. Les faiblesses de son organisation physique ne sont pas mises en évidence. Le choix de ces faiblesses a été réalisé sur la base des RETEX et de documents publiés par le Centre Européen de Prévention du Risque Inondation (CEPRI 2010) ;
2. Possibilité d'effectuer la même visite virtuelle avant l'inondation avec la présence de commentaires sur les faiblesses de l'organisation physique du musée ainsi que sur les œuvres exposées ;
3. Simulation du scénario d'inondation avec affichage (ou non) de commentaires sur le niveau d'eau, le pourcentage d'œuvres atteintes et la perte progressive du fonctionnement des équipements.

Cette session peut être jouée et suivie par chacun en mode « stand-alone » (autonome) ou au contraire servir de base à un échange entre un formateur et ses auditeurs, avec des arrêts sur images et des discussions au cours des trois étapes (F20).

2.7.5 Présentation détaillée du scénario retenu

L'eau pénètre le musée par le sous-sol. Ce type d'inondation couvre les cas suivants :

- Les remontées de nappes phréatiques ;
- Les ruptures de canalisations d'eau sous-terraines (cas du Musée promenade de Louveciennes) ;
- Les infiltrations d'eau de pluie à cause de travaux (cas du Musée Unterlinden).

L'eau monte jusqu'à remplir totalement le sous-sol (cas du Musée Girodet de Montargis, mais où l'eau est arrivée par le rez-de-chaussée).

On poursuit la montée des eaux en considérant le Rez-de-Chaussée (cas des Musées de la Camargue et Réattu) :

- Débordement de fleuve et rupture de digues pour le Musée de la Camargue ;
- Remontée des eaux de crue par le pluvial pour le Musée Réattu.

À noter que les dates des différents événements dépendent de la vitesse et la hauteur de l'inondation. Ces deux paramètres vont être réglables dans notre simulation.

Scénario Inondation		Atteintes Musée (événements)			Mesures	
Date	Événement	Bâtiment	Équipement	Mobilier	Œuvres	
0 :00 :00	Montée de l'eau					Affichage de la hauteur de l'inondation en centimètre
0 :00 :00	Equipement et mobilier touchés		Equipement lourd sous l'eau. Equipement léger flottant	Mobilier lourd sous l'eau. Mobilier léger flottant		
0 :00 :00	Eau en contact avec les œuvres du sous-sol				L'état des œuvres du sous-sol passe de « Intact » à « Inondé ». De plus ils flottent sur l'eau.	Pourcentage d'œuvres inondées
Variable	Submersion des prises électriques du sous-sol		Coupure de courant			Affichage visuel lorsque l'événement se produit
Variable	Sous-sol entièrement inondé				Œuvres flottantes atteignant le plafond.	Affichage visuel lorsque l'événement se produit
Variable	Parquet lamelles du rez-de-chaussée inondé	Gonflement et déformation : <12H : 25% 48-72H : 75% >72H : 100%				
Variable	Eau en contact avec les œuvres du rez-de-chaussée				L'état des œuvres du rez-de-chaussée passe de « Intact » à « Inondé ». De plus ils flottent sur l'eau.	Pourcentage d'œuvres inondées
Variable	Fin de l'inondation					Hauteur d'eau s'arrête de grimper. Pourcentage d'œuvres inondées aussi.

Figure 2.3 : Tableau de déroulement des événements et de leurs conséquences

Chapitre 3

Développement de l'outil informatique

3.1 Préalables

L'environnement de développement de Unity propose un ensemble de bibliothèques dont les objets peuvent être développés par Unity Technology ou par des membres de la communauté Unity (pouvant être des particuliers ou des professionnels). *In fine*, ces objets (ou *assets* en anglais) sont entièrement disponibles sous forme de fichiers pouvant être directement (ou après modification) intégrés dans l'application développée. Ces objets peuvent être de différents types comme des personnages, des images ou des fichiers audios. Le processus de développement d'une application avec *Unity*, repose sur le principe de la capitalisation et de la réutilisation des travaux effectués par l'ensemble de la communauté.

3.1.1 Choix du musée

L'élaboration du musée-type repose sur le choix d'un musée disponible au sein de la bibliothèque qu'offre le logiciel *Unity* (Figure 3.1), enrichi d'éléments d'architecture et d'objets conformément à la discussion menée au cours du paragraphe 2.6. Ainsi, les caractéristiques finales du musée-type développé sont les suivantes :

- un rez-de-chaussée ;
- un étage ;
- un sous-sol ;
- plusieurs salles d'exposition ;
- un espace restreint (pour permettre à l'utilisateur de visiter assez rapidement le musée) ;
- une collection d'œuvres de natures et matériaux divers ;
- des équipements techniques et d'exposition (socles, cordons, cartons, étagères de stockage, etc.) ;
- un thème général et « classique » (pas de thème trop marqué comme un musée des arts asiatiques ou histoires naturelles).

Le choix d'implanter un sous-sol vient du fait que la plupart des musées du corpus (Tableau 1) disposent d'au moins un sous-sol. On y trouve de manière courante des salles d'exposition, des ateliers techniques, des réserves ou du stockage de toutes sortes. La présence d'un étage est intéressante pour envisager ultérieurement des scénarii où les œuvres pourraient y être mises à l'abri de l'eau. Les objets exposés sont choisis pour être significatifs des grandes catégories d'œuvres (tableau, poterie, sculpture, objets, livres, etc.) constituées de matériaux divers (métal, céramique, toile, peinture, plâtre, pierre, etc.) afin de prendre en compte les différents types de vulnérabilité. Les équipements techniques et d'exposition prennent leur importance pour les chocs mécaniques qu'ils peuvent provoquer sur les œuvres lorsqu'ils sont transportés par l'eau.

L'intérêt d'utiliser un musée prédéfini de la bibliothèque *Unity* est double : (i) cela évite de partir d'une page blanche et de devoir tout « reprogrammer » et, (ii) il est possible de modifier et compléter le musée avec les éléments souhaités.



Figure 3.1 : Rez-de-chaussée du musée

3.1.2 Choix de l'outil de simulation de l'inondation (asset)

Parmi les trois outils de simulation disponibles dans *Unity* (Realistic Water, Dynamic Water System et Dynamic Water Physics), le choix s'est porté sur Dynamic Water Physics. Les critères qui ont guidés ce choix sont les suivants :

- le niveau de réalisme ;
- le niveau de flottabilité des objets ;
- les effets sous-marins ;
- les interactions des objets avec la surface ;
- les objets d'obstruction ;
- Les ondulations dynamiques ;
- L'aquarelle ;
- La profondeur ;
- La transparence ;
- L'animation des vagues ;
- La direction du flux ;
- La distorsion ;
- La réflexion.

Pour la flottaison des objets, *Dynamic Water Physics* utilise un maillage simplifié auto-généré pour créer un comportement réaliste. Outre la flottabilité, il simule également les forces dynamiques de l'eau, ce qui le rend adapté à la fois aux objets stationnaires et mobiles. Le principal inconvénient est qu'il ne rend pas compte de l'effet visuel sous la surface de l'eau. Ce problème pourra être résolu par l'ajout de scripts prenant en considération l'altitude de la caméra par rapport au niveau de la surface d'eau pour créer l'effet voulu sur la vue de la caméra. Son usage courant pour les jeux vidéo nautiques, est de nature à renforcer notre confiance en cet outil. La figure 3.2 illustre le rendu visuel d'une inondation dans le musée.



Figure 3.2 : Exemple de rendu visuel d'une inondation dans le musée au moyen de Dynamic Water Physics (rez-de-chaussée de la figure 3.1)

L'outil de simulation choisi, *Dynamic Water Physics*, propose un certain nombre de fonctions (codées en C#) pour faciliter la gestion des interactions des objets avec la surface de l'eau tels que :

- la fonction FLOATING OBJECT.CS pour modéliser et simuler la flottaison des objets ;
- la fonction WATERFX.CS pour simuler des particules d'eau juste au-dessus de la surface de l'eau sur la base des paramètres de simulation de l'objet flottant ;
- la fonction CENTEROFMASS.CS pour fixer le centre de gravité d'un corps rigide ;
- etc.

L'association de ces fonctions aux différents objets du musée donne un rendu réaliste de leurs comportements en présence d'eau. Ainsi, seront modélisés la forme de l'objet, sa rigidité, sa densité, son centre de gravité, ainsi que la densité de l'eau et ses forces dynamiques.

3.2 Conception et problèmes rencontrés

3.2.1 Modification du bâtiment

La principale modification du bâtiment concerne l’ajout du sous-sol constitué de deux salles et d’un escalier pour rejoindre le rez-de-chaussée. Les deux salles sont utilisées comme réserve. Une troisième salle pourra être ajoutée ultérieurement pour servir de local pour un accueillir un service technique. Une première salle de réserve est dédiée à de petits objets et documents (Figure 3.3) et l’autre (Figure 3.4), pour les œuvres plus volumineuses. La figure 3.5 donne une vision globale du rez-de-chaussée, du sous-sol et de l’escalier de jonction. La Figure 3.6 donne une représentation du plan du sous-sol.



Figure 3.3 : Salle 1 sous-sol, petits objets et documents



Figure 3.4 : Salle 2 sous-sol, œuvres d’art volumineuses



Figure 3.5 : Escalier menant du sous-sol à l'étage

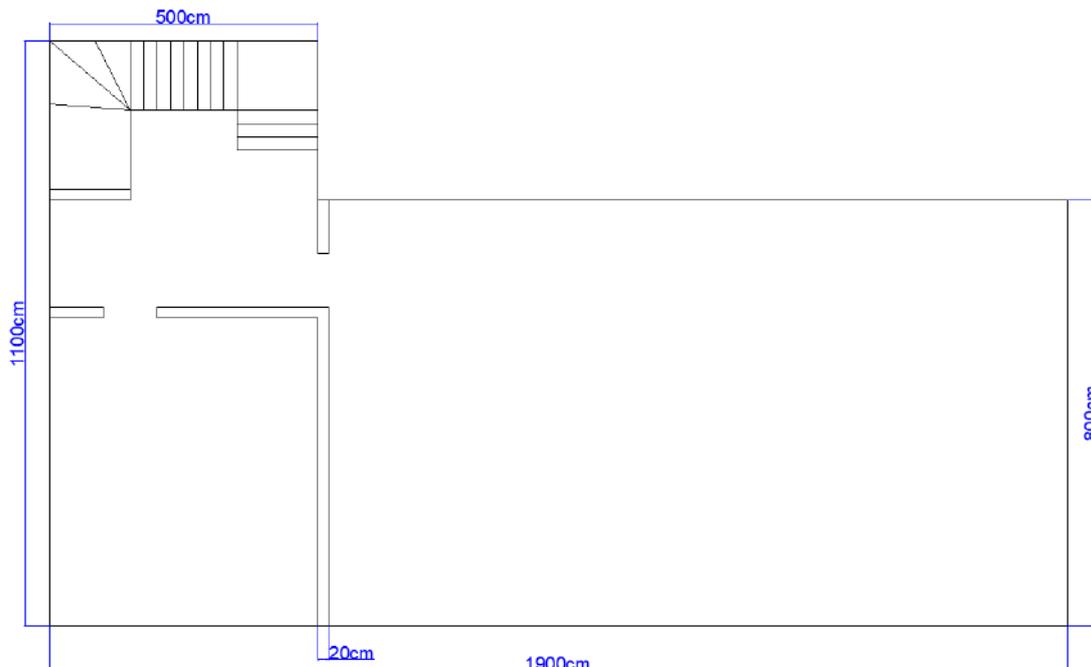


Figure 3.6 : Plan 2D du sous-sol

Le développement et la mise en place du sous-sol ont été réalisés suivant trois étapes :

1. Premièrement, réalisation d’un plan 2D pour faciliter la mise en volume du sous-sol selon les proportions souhaitées. Tout type de logiciel permettant d’exporter le dessin au format SVG peut être employé. Dans notre cas, nous avons choisi d’utiliser AutoCAD ;

2. Deuxièmement, importation du plan sous *Blender* et mise à l'échelle. Le plan est extrudé pour donner une hauteur aux murs (2,5 mètres). Après création des faces supérieures et inférieures (sol et plafond), on ajoute le haut des portes. Puis, on crée et ajoute l'escalier selon des marches de 17cm x 25cm (h x l). Enfin, le fichier est enregistré au format FBX ;
3. Troisièmement, le fichier résultant est importé sous *Unity*. On attribue à l'objet les textures souhaitées, on le positionne et on le classe dans le projet, avec les autres objets appartenant au bâtiment.

Un des avantages d'utiliser *Blender* est l'enregistrement au format FBX. Grâce à ce format, il est possible, depuis l'interface d'*Unity*, de modifier l'objet avec application des modifications en temps réel sur *Unity*.

Une fois l'objet importé sous *Unity*, il est possible de remplir le sous-sol d'objet. Tous les objets du sous-sol ont pu être importés à partir de bibliothèques gratuites, d'objets 3D, adaptés pour *Unity*. Les objets ont été téléchargés depuis les bibliothèques suivantes :

- *Asset store* sur *Unity* ;
- *Turbosquid* ;
- *Sketchfab* ;
- *Model+Model*.

Il est important de remarquer que le musée initial « Gallery – Showroom Environment » est lui-même constitué d'objets et d'œuvres d'art issus de ces mêmes bibliothèques. Ce qui rend l'ensemble parfaitement cohérent, d'un point de vue informatique, et complémentaire. Ainsi, le sous-sol a été meublé de tables, d'étagères, de matériel de bureau, de boîtes en carton et d'équipements électriques (prises, interrupteurs et luminaires).

3.2.2 Introduction au fonctionnement d'Unity

Unity est un logiciel de modélisation et de simulation 3D. Dans cet environnement, tous les éléments d'une scène sont des objets (au sens informatique du terme) et s'inscrivent dans une structure hiérarchique (notion d'héritage de propriétés). Toutes les interactions entre ces objets reposent sur une programmation dite objet en C# (langage orienté objet). Avant d'aborder nos réalisations, il est important de présenter cet environnement et les outils les plus utiles.

3.2.2.1 Environnement général

L'environnement de développement d'*Unity* se compose de plusieurs fenêtres dont les principales apparaissent sur la Figure 3.7. La fenêtre centrale représente la scène en cours de développement (en mode édition). Les objets peuvent être déplacés, et leurs propriétés modifiées. Le passage en mode « *game* » permet de visualiser la scène finale que verra l'utilisateur.



Figure 3.7 : Environnement général de Unity

La fenêtre de droite (appelée *Inspector*) contient les fonctions de modification des propriétés de chaque objet, et d'attribution des composants (voir partie suivante). La fenêtre de gauche (appelée *Hierarchy*) présente l'organisation hiérarchique des objets présents dans toutes les scènes (le projet). Le projet est constitué de 3 parties principales : les éléments physiques (bâtiment et tout ce qu'il contient), l'eau et les outils de simulation. Les outils de simulations sont constitués d'un personnage qu'on pilote au moyen des flèches du clavier et de la souris pour se déplacer dans le musée et visualiser ce qu'il se passe, ainsi que des éléments graphiques qui permettent l'affichage des indicateurs et des commentaires. La fenêtre du bas présente et permet d'accéder aux bibliothèques d'objets et de méthodes importées pour le projet.

3.2.2.2 Notion de Composants

À chaque objet sont associés des « composants » qui ont pour fonctions de définir ses comportements et propriétés. Cinq composants ont été essentiels pour définir le comportement des objets en présence d'eau : *Transform*, *Mesh Renderer*, *Rigidbody*, *Colliders* et *Scripts*.

a. Le composant « Transform »



Figure 3.8 : Le composant Transformation

Ce composant est associé à tout objet, dès sa création. Il définit ses propriétés spatiale : sa position, ses axes de rotation et son facteur d'échelle. Les valeurs sont modifiables à volonté.

b. Le composant « Mesh Renderer »

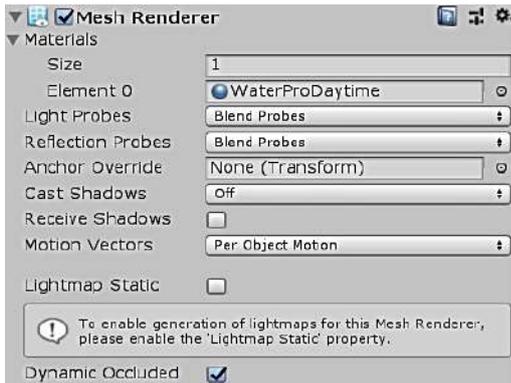


Figure 3.9 : Le composant Mesh Renderer

Ce composant permet de modifier l'aspect physique d'un objet comme son aspect et sa réaction à la lumière.

c. Le composant « Rigidbody »

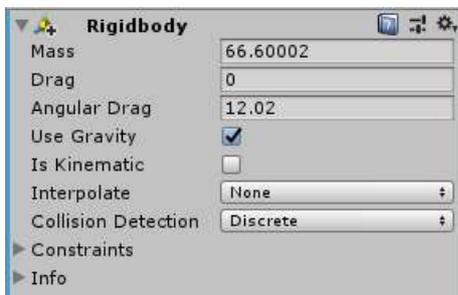


Figure 3.10 : Le composant Rigidbody

Ce composant est utile pour doter l'objet de comportements conformant aux lois de la physique : masse, poids, gravité, etc.

d. Les composants « colliders »

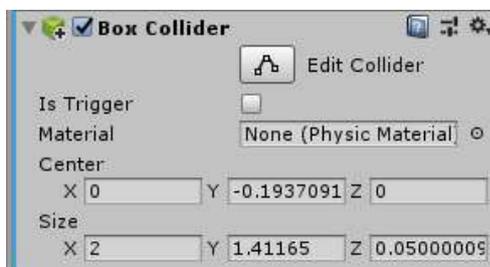
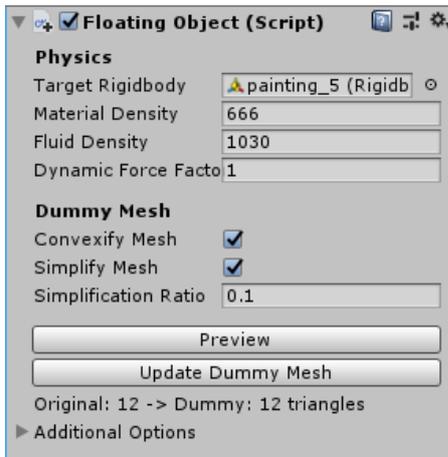


Figure 3.11 : Le composant Collider

Ces composants ont pour fonction de définir les collisions physiques d'un objet avec d'autres. La propriété *Is Trigger* indique que l'interaction n'affectera pas physiquement l'objet, mais déclenchera une action, comme l'affichage d'un indicateur ou d'un commentaire.

e. Les composants « scripts »



Les scripts sont des composants donnant la possibilité, pour chaque objet, de créer autant de comportements spécifiques que nécessaire. Ils sont rédigés en C# ou en UnityScript. Au cours d'une simulation, ils peuvent modifier directement les paramètres des objets.

Figure 3.12 : Présentation du composant : *Script*

3.2.3 Représentation des objets

D’une façon générale, un objet est modélisé par ses attributs et ses comportements. Dans le paragraphe précédent ont été présentés les différents composants permettant de modéliser le comportement dynamique d’un objet. Dans ce paragraphe, est abordée la partie représentation des objets, c’est à dire, la façon dont il est nécessaire de les représenter compte tenu des objectifs de l’outil développé. Ainsi, seront abordés les problèmes de la représentation des attributs, de leur affichage et de leur évolution. Ces objets ont également fait l’objet d’une classification sous forme de « collection ».

3.2.3.1 Les attributs des objets

Représentation des attributs

Dans *Unity*, les attributs d’objet sont exprimés à l’aide de scripts codés en C# par la création de constructeur et de variables « Text » permettant l’insertion de textes au clavier. Lors de la création de chaque œuvre, les attributs sont affectés manuellement d’une valeur initiale (Figure 3.13 par exemple).

object tect info	
Object Name	Peinture19
Objectinfo	Peinture à l'huile
Display Info Mat	bois, peinture
Display Nat Dom Pot	Destruction, salissure
Proba Dom Immersion Ct	20%
Proba Dom Immersion Mt	60%
Proba Dom Immersion Lt	98%
Vulne Sec	1
Vulne Ret	1
Etat	Intact

Figure 3.13 : Exemple d’attributs et affectation des valeurs initiales

Chaque œuvre est caractérisée au moyen de dix attributs configurables par l’utilisateur, à savoir :

- Son nom (« Object Name ») ;
- Des informations (« Objectinfo ») ;
- Les matériaux qui le constituent (« Display Info Mat ») ;
- Les dommages potentiels qu’il peut subir (« Display Nat Dom Pot ») ;
- Sa probabilité de dommage si l’immersion est inférieure à une heure (« Proba Dom Immersion Ct ») ;
- Sa probabilité de dommage si l’immersion est entre une heure et cinq heures (« Proba Dom Immersion Mt ») ;
- Sa probabilité de dommage si l’immersion est supérieure à cinq heures (« Proba Dom Immersion Lt ») ;
- Sa vulnérabilité liée à la sécurité des personnes (« Vulne Sec ») ;
- Sa vulnérabilité liée au retour à la normale (« Vulne Ret ») ;
- Son état.

La vulnérabilité liée à la sécurité des personnes - que l'on peut étendre à la sécurité des œuvres - mesure en quoi les vulnérabilités du bâtiment, des équipements, des œuvres, du mobilier, ou de tous objets au sein du musée peuvent-elle porter atteinte à la sécurité des personnes (ou des œuvres). On peut prendre pour exemples les verrières subissant la pression de l'eau ou des chocs d'objets flottants, les ruptures de canalisation de gaz (ou d'eau usées) ou les déversements de produits toxiques stockés dans des locaux techniques. Le tableau de la figure 3.14 donne une classification de ce degré de vulnérabilité telle que proposée par (CEPRI 2010)

Niveau	Degré de vulnérabilité	Conséquences du dommage sur la sécurité des personnes
0	Nul	Pas de dommage. Aucun risque pour la sécurité des personnes.
1	Faible	À l'origine d'un accident léger (contusions, choc, petite entorse).
2	Moyen	Source d' accidents plus conséquents (fractures légères,...).
3	Fort	Source d' accidents graves ou de mort (tableaux de répartition et de protection électrique inopérants, absence de zone hors d'eau en cas de montée brusque des eaux, etc.).

Figure 3.14 : Exemple de classification du degré de vulnérabilité lié à la sécurité des personnes (CEPRI 2010).

La vulnérabilité liée au retour à la normale quant à elle exprime le délai qui s'écoule entre l'inondation et le moment où le musée peut reprendre son activité de façon satisfaisante. « Ce délai est composé du temps de nettoyage et de séchage des locaux, du mobilier et des matériels qui peuvent être conservés et de la durée des travaux de remise en état des locaux si cela s'avère nécessaire ». Cette définition du CEPRI (CEPRI 2010) peut être complétée par les délais de restauration des œuvres, pour rendre compte des spécificités des musées. Le tableau de la Figure 3.15 donne une classification de ce degré de vulnérabilité.

Niveau	Degré de vulnérabilité	Conséquences du dommage sur le retour à la normale
0	Nul	Pas de contrainte pour le retour à la normale.
1	Faible	Réparations nécessaires rendant le bâtiment indisponible pendant une durée de quelques jours .
2	Moyen	Réparations nécessaires rendant le bâtiment indisponible pendant une durée de plusieurs semaines (remplacement de la chaudière, etc.).
3	Fort	Réparations nécessaires rendant le bâtiment indisponible pendant une durée de plusieurs mois (remplacement des cloisons, réfection des installations électriques, etc.).

Figure 3.15 : Exemple de classification du degré de vulnérabilité lié au retour à la normale du fait de l'endommagement (CEPRI 2010).

Remarque : les valeurs correspondant aux pourcentages d'endommagement sont fixées de façon arbitraire. Il conviendrait d'effectuer une étude spécifique sur ce problème de l'endommagement en fonction des types d'œuvres.

L’Affichage des Attributs

Dans le cas d’une simulation avec commentaires (voir § 2.7.4), les attributs sont affichés à l’écran, dans une fenêtre temporaire, lorsque l’utilisateur (la caméra associée au personnage virtuel) s’approche d’une œuvre d’art. On retrouve, dans cet affichage, les attributs discutés au cours du paragraphe précédent (Figure 3.16).

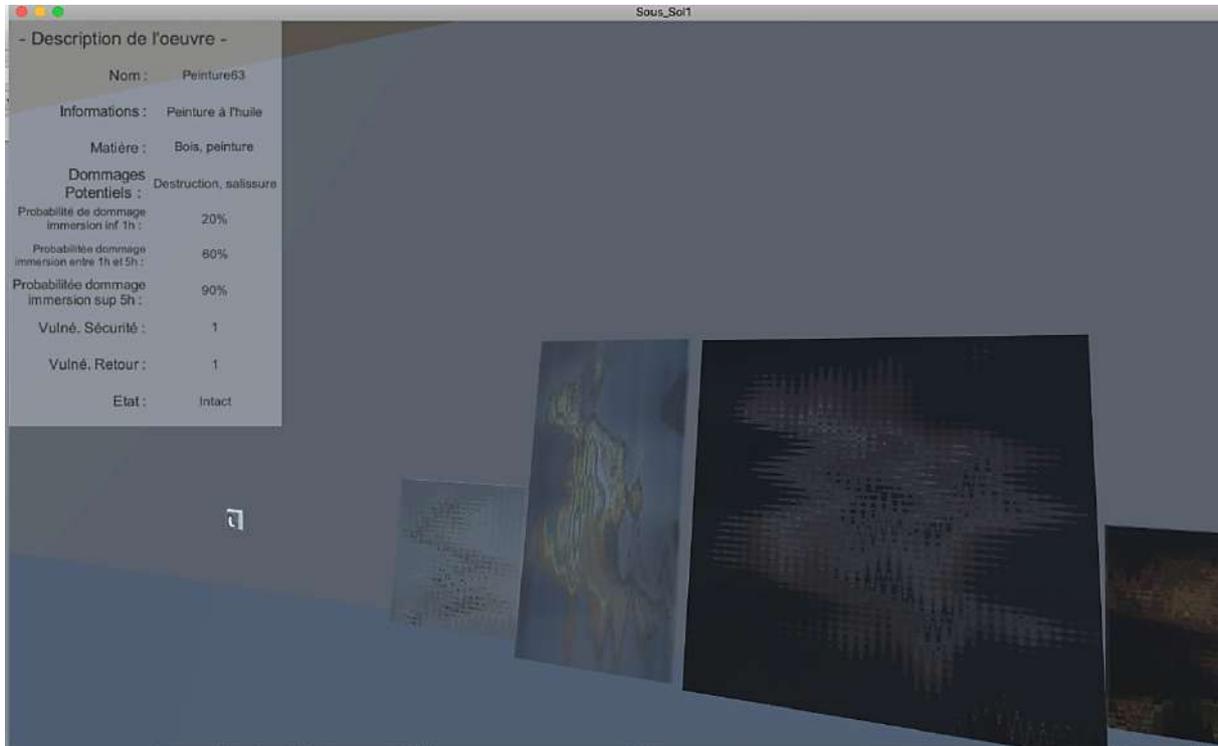


Figure 3 .16 : Extrait du document : Panneau de description de l'œuvre

Dans l’exemple de la Figure 3.16, l’utilisateur pointe le tableau dénommé Peinture63, c’est une peinture à l’huile, faite de bois et de peinture avec comme dommages potentiels la destruction ou la salissure. Si le tableau reste immergé sous l’eau pendant une heure il a 20% de chance d’être endommagé, 60% si le tableau reste entre une heure et cinq heures sous l’eau et 90% au-delà (avec les restrictions de la remarque du paragraphe précédent). Sa vulnérabilité de sécurité est de 1, tout comme sa vulnérabilité de retour. Son état est intact.

La Modification des Attributs

Les attributs d’un objet pouvant être modifiés au cours du temps et/ou en fonction d’événements (inondation, collision, chute, etc.), une fonction spécifique a été programmée pour cela. À titre d’exemple, à la suite d’un contact avec l’eau, l’attribut « état » d’une œuvre prendra la valeur « inondée ». Des indicateurs ont été élaborés pour suivre l’évolution des attributs des œuvres du musée.

3.2.3.2 La collection et son utilité

La collection d’œuvres

Pour cette première réalisation, l’ensemble des cent six œuvres créées sont regroupées dans une seule collection hétéroclite. Selon les besoins des scénarii futurs, il sera aisé de faire apparaître des sous classes de collections spécifiques regroupant des œuvres de même nature. L’intérêt de faire apparaître des classes de collections d’œuvres homogènes est de mettre en évidence des classes de comportements similaires ainsi que des classes de mesures à déployer similaires. La Figure 3.17 est un extrait de la déclaration de la collection du musée simulé.

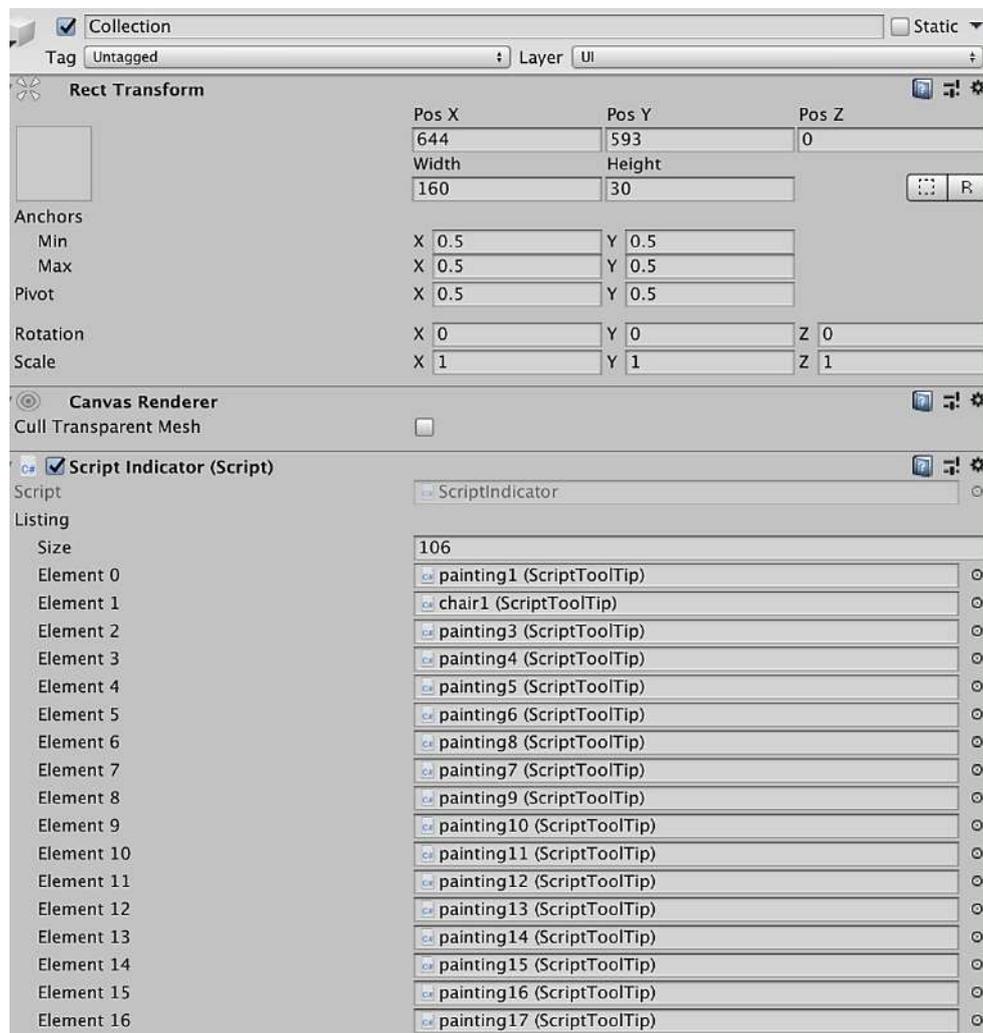


Figure 3.17 : Extrait de la déclaration de la collection des 106 œuvres du musée.

Les indicateurs sur la Collection d'œuvres

Sur la base de l'objet *Collection*, a été créé un indicateur qui calcule le pourcentage d'œuvre touchée par l'eau. Cet indicateur parcourt toutes les œuvres du musée et comptabilise celles dont l'attribut « état » prend la valeur « inondée ». La valeur de cet indicateur est un pourcentage qui est affiché au cours de la simulation (Figure 3.18).

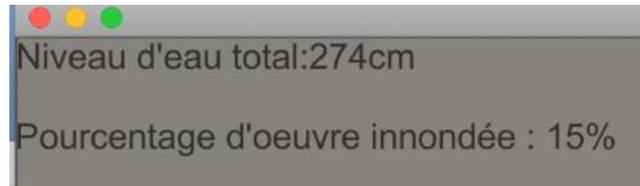


Figure 3.18 : Affichage du pourcentage d'œuvres touchées au cours du scénario

3.2.4 Simulation du scénario

Le scénario simulé est celui qui a été défini au cours du paragraphe 2.7, pouvant se résumer en ces deux points :

- le musée est fermé, sans public, ni acteur (scénario S1) (figure 2.2) ;
- le type d'inondation est une montée lente des eaux depuis le sous-sol jusqu'à mi-hauteur du RdC.

3.2.4.1 Montée de l'eau

Pour des raisons calculatoires, l'eau n'est représentée que par un plan et l'inondation se traduit par une montée plus ou moins rapide de ce plan. L'inondation commençant par le sous-sol, le plan d'eau se situe initialement au niveau du plancher de celui-ci. Le déplacement de ce plan est contrôlé par les valeurs de ses attributs spatiaux (position initiale, hauteur courante, vitesse, hauteur limite) et des limites spatiales du bâtiment. La hauteur du niveau d'eau est un indicateur de l'inondation.

Deux indicateurs supplémentaires ont été définis : lorsque le sous-sol est totalement inondé et le niveau d'eau au rez-de-chaussée. La Figure 3.19 donne le code développé en C# qui simule la montée de l'eau dans le musée ainsi que le calcul des trois indicateurs.

```

using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;
using LostPolygon.DynamicWaterSystem;

namespace LostPolygon.DynamicWaterSystem
{
    public class Flood : MonoBehaviour
    {
        // Déclaration des variables
        public Text waterLvl;
        public Text sousSolPlein;
        public Text lvlEauRDC;
        public float vitesse = 0.01f;
        private Vector3 startLocation;
        private Vector3 lastLocation;
        public float hauteurMax = 2f;
        // Se produit uniquement lors du premier appel à la première frame
        void Start()
        {
            startLocation = gameObject.transform.position; //On stocke la position initiale de l'eau
            //On désactive les indicateurs inutiles pour le moment
            sousSolPlein.enabled = false;
            lvlEauRDC.enabled = false;
        }

        // Appelé une fois à chaque frame, tourne en boucle
        void Update()
        {
            lastLocation = transform.position; //On stocke a chaque frame la position de l'eau

            // Translation de l'objet en fonction de la vitesse et de l'échantillonnage du temps
            transform.Translate(Vector3.up * (Time.deltaTime * vitesse));

            //Pour interrompre la translation à une certaine hauteur, on tourne en boucle en réaffectant la même position
            if (Vector3.Distance(startLocation, gameObject.transform.position) > hauteurMax)
            {
                transform.position = lastLocation;
            }
            affichages();
        }

        void affichages()//Fonction générale pour les indicateurs
        {
            const string eauTOT = "Niveau d'eau total:";
            const string eauRDC = "Niveau d'eau rez-de-chaussée :";
            waterLvl.text = eauTOT + Mathf.Round(Vector3.Distance(lastLocation, startLocation) * 240 / 3).ToString() + "cm";
            //Sous sol plein?
            if (lastLocation.y > 0) //Si on est arrivé au plancher du RDC !!!! Pas EQUALS(0) à cause du maillage, on ne passe
            pas forcément par 0
            {
                sousSolPlein.enabled = true; //On affiche « sous-sol plein »
            }
            //Niveau d'eau RDC
            if (sousSolPlein.enabled)
            {
                lvlEauRDC.enabled = true; //On l'active
                lvlEauRDC.text = eauRDC + Mathf.Round(lastLocation.y * 240 / 3).ToString() + "cm";//last Location car rdc.Y=0
            }
        }
    }
}

```

Figure 3.19 : programme simulant la montée de l'eau dans le musée

3.2.4.2 Simulation de la Flottaison

Pour modéliser et simuler la flottaison d'objets, le moteur « Dynamic Water Physics » a été mis en œuvre (voir discussion § 3.1.2 et 3.2.2.2). Chaque objet est affecté d'une densité, de dimensions, et d'une masse. En fonction de ces données et de sa position par rapport à la surface de l'eau, le script qui gère la flottaison détermine si l'objet reste immobile ou s'il est mis en mouvement du fait des forces induites par l'eau.

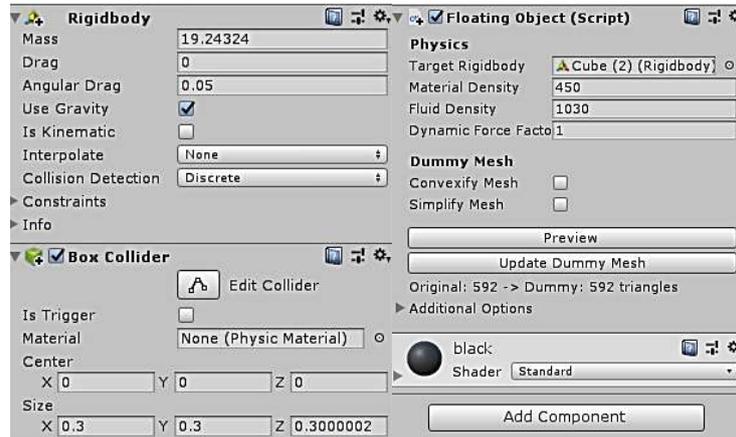


Figure 3.20 : définition des propriétés d'un objet pouvant flotter

Les propriétés de l'objet sont définies par l'intermédiaire du composant *Rigidbody*. Dans l'exemple de la Figure 3.20 la propriété « Material density » est affectée d'une valeur inférieure à celle du liquide dans lequel l'objet peut flotter (« Fluid Density »). Les dimensions de l'objet étant connues, la masse est déduite (« Mass ») par le script « Floating Object ». L'objet étant susceptible de se déplacer en flottant, il lui est associé un composant « *Box Collider* ». Une fois que l'eau a atteint une hauteur suffisante pour affecter l'objet, celui-ci va se déplacer et subir une rotation dépendant de sa forme, de sa masse et de la densité Figures 3.21 et 3.22.



Figure 3.21 : Visualisation d'un objet avant inondation



Figure 3.22 : Visualisation d'un objet flottant sur l'eau au cours de l'inondation

3.2.5 Les pages Web

3.2.5.1 Réalisation

Unity offre la possibilité d'intégrer le projet sur un site web grâce à un module WebGL. Ce module fournit un fichier HTML (Annexe 4) avec le code à intégrer sur la page web ainsi que l'ensemble des éléments qu'il utilise pour son exécution (application, icône, etc.). Pour rendre l'application joignable via internet, il faut donc utiliser le code présent sur la page HTML et l'intégrer sur la page web.

Le site a été créé grâce à l'utilisation d'un « Template » gratuit. Cette première réalisation est un préalable à la future plateforme pédagogique d'accompagnement des équipes muséales à rendre leur musée plus résilient face aux inondations. La réalisation actuelle est constituée de trois pages : une page d'accueil, une page pour la session pédagogique et une page pour la session simulation. Chaque page présente une brève explication de ce qu'apporte la simulation, et de la manière de se déplacer dans l'enceinte du musée. Un cadre est disponible pour permettre aux utilisateurs de nous contacter. Pour le lien d'accès voir l'Annexe 4. Pour un rendu fluide, il faut une liaison internet à haut débit.

3.2.5.2 Gestion et maintenance

Le site devant être accessible à toute personne concernée par le projet, il est installé chez l'hébergeur gratuit *000webhost* qui propose une gestion simplifiée des fichiers (Figure 3.23). Ainsi, on retrouve sur le site : la page HTML créée (§3.2.5.1) ainsi que les dossiers *Build* et *TempleData* générés lors de la compilation par *Unity* relatifs à la simulation.

Trois fonctions sont essentielles à la gestion du site web : l'ajout de fichier, la création de dossier et le déplacement de fichiers.

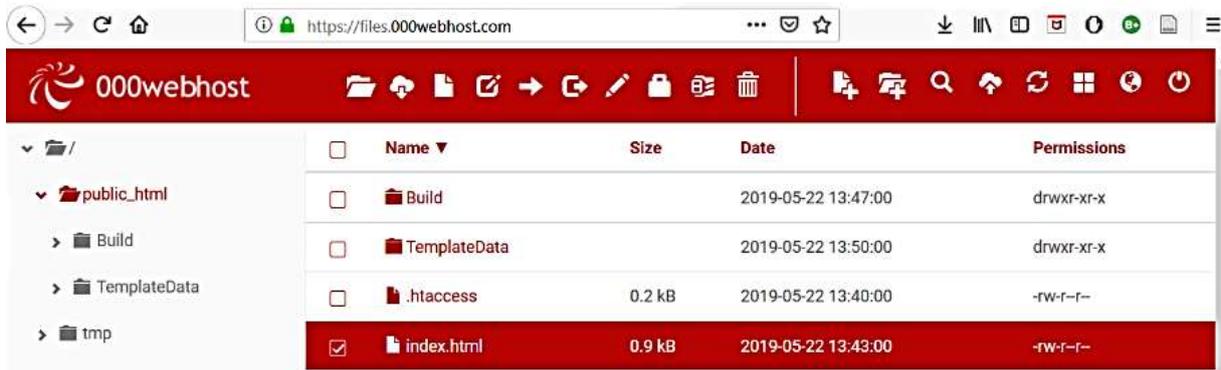


Figure 3.23 : Organisation de l'espace mémoire alloué par l'hébergeur 000webhost

Ajout de fichiers :



Figure 3.24 : Onglet d'ajout de fichiers

Une fois la page web développée et tous les fichiers créés, il faut les importer : pour cela, l'onglet *Upload Files* permet de naviguer dans la hiérarchie des fichiers de l'ordinateur et d'importer tous les fichiers nécessaires. On ne peut pas importer de dossier complet, il faut importer tous les fichiers avant de les rassembler.

Création de dossiers :



Figure 3.25 : Onglet de création de dossiers

Lorsque tous les fichiers ont été importés avec l'outil précédent, il faut les réorganiser pour qu'ils aient la hiérarchie correspondant à l'architecture de la page développée. Pour cela l'onglet *New Folder* permet de créer des nouveaux dossiers et de définir leurs noms. Il faut alors par la suite déplacer les fichiers dans ces dossiers pour retrouver la hiérarchie originale.

Déplacement de fichiers :



Figure 3.26 : Onglet de déplacement de fichiers

Pour terminer l'organisation des fichiers et donc de la page web, il faut déplacer les fichiers dans les dossiers correspondants. L'onglet *Move* permet de sélectionner un ensemble de fichiers à déplacer, et la destination. Ainsi très peu d'actions sont nécessaires pour retrouver la bonne répartition des fichiers.

Conclusion

Au terme de cette phase, un simulateur 3D en réalité virtuelle a été développé. Ce simulateur immerge l'utilisateur dans un musée générique subissant une inondation par le sous-sol. Le scénario développé considère le musée seul (sans aucun acteurs) face à l'inondation. Le simulateur est actuellement disponible sur un site internet dont le lien est précisé en annexe 4. Il peut être utilisé en mode local sur un ordinateur ou au moyen d'un téléphone portable et de lunettes d'immersion.

Ce simulateur est destiné à faire partie d'un ensemble d'outils à visée pédagogique pour amener progressivement les équipes muséales à s'imprégner de la culture du risque et les accompagner dans leur démarche de rendre leurs musées plus résilients face aux inondations. Dans ce sens, cette étude a mis en évidence sept grandes classes de scénarii d'inondation, significatives de contextes situationnels différents. Chacune de ces classes de scénarii est porteuse d'objectifs pédagogiques différents, nécessitant des outils d'accompagnement spécifiques. L'élargissement de ce travail aux autres scénarii fait l'objet de travaux à venir qui nécessitent une réflexion commune entre tous les acteurs pour aboutir à une plateforme numérique dédiée aux équipes muséales, pour les accompagner sur les chemins de la résilience et mieux maîtriser les risques.

Au cours de la phase précédente, un guide d'aide à l'élaboration de Plans de Sauvegarde des Biens Culturels a été développé et mis en application au sein d'un musée pilote. Ce guide, complété de fiches pratiques opérationnelles, sera également intégré à la future plateforme.

Il est important, également, de relever que personne ne peut faire face, seul, aux situations d'inondation. La solidarité de tous les acteurs au sein d'une organisation cohérente du territoire est fondamentale. La sauvegarde des biens culturels doit faire partie intégrante de cette organisation et le développement de la future plateforme numérique doit être l'occasion d'un travail commun de tous ces acteurs qui y sont impliqués.

Bibliographie et sitographie

- BELFAKIR L., BRAÏ A., GUADALIX MERINO D., TRENEL J., 2018. *Musée de la Camargue. Rapport de Synthèse : Projet de Fin d'Etudes*. Polytech Marseille, Filière Génie Industriel et Informatique, Poly'Art, Janvier 2018. 23 p.
- BASILE L., EL MOUBACHCHIR A., FERON A., HADOUCHI H., MAIRE J.-B., 2019. *Livrables du Projet de Réalisation Technique*. Polytech Marseille, Filière Génie Industriel et Informatique, Le Quinté Valland, Mai 2019.
- Blender, 2019. Blender, [consulté le 23/05/2019].
Disponible sur : <https://blender3d.fr>
- CEPRI, 2010. *Le bâtiment face à l'inondation : diagnostiquer et réduire sa vulnérabilité*. Les guides du CEPRI, 2010. 56 p. Brochure téléchargeable sur : www.cepri.fr (publications).
- Cerema, 2017. *La Vulnérabilité aux inondations : de la connaissance à l'action territoriale*. Journée Risques et territoires. Aix-en-Provence, 27 Juin 2017.
- Dal Falco M., Mercantini J.-M., 2018. *Guide d'accompagnement à l'élaboration, la mise à jour et la mise en œuvre des Plans de Sauvegarde des Biens Culturels – Le risque inondation*. Projet MRI, 89 p.
- Directive Européenne 2007/60/CE du 23 Octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation (JOUE L 288, 06-11-2007, p27) [en ligne]. Ministère de l'agriculture de l'agroalimentaire et de la forêt, Ministère de l'écologie du Développement durable et de l'énergie, 26 septembre 2012 [consulté le 23/05/2019].
Disponible sur : http://www.cepri.net/fr/54/La_directive_europeenne.html
- EPTB – Etablissement public Loire, 2017. *Réduction de la vulnérabilité aux inondations du patrimoine culturel*. Orléans, 5 Juillet 2017.
- GO K., CARROLL J.-M., 2003. *The Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction*. Edition IEA, 2003. Chapitre 5 : Scenario-Based Task Analysis, p. 117-134.
- Mercantini J.-M, Dal Falco M., 2018. *Musées Résilients aux Inondations. Actes du Colloque International Musées Résilients aux Inondations*. Arles, 20 Juin 2018, 84p.
- Unity, 2019. Unity, [consulté le 23/05/2019].
Disponible sur : <https://docs.unity3d.com>
- Wikipedia a, 2019. *Blender*. (<https://fr.wikipedia.org/wiki/Blender>).
- Wikipedia b, 2019. *Unity*. ([https://fr.wikipedia.org/wiki/Unity_\(moteur_de_jeu\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Unity_(moteur_de_jeu))).

Table des annexes

Annexe 1 : Le corpus initial des retours d’expérience et des témoignages	I
Annexe 2 : Le Questionnaire et Guide d’Aide au Recueil des Retours d’Expérience.....	XX
Annexe 3 : Les Photos du Musée Initial.....	XLIV
Annexe 4 : Code HTML d’intégration de l’application Unity sur les pages web.....	XLVIII

Annexe 1

Le Corpus Initial des Retours d’Expérience et des Témoignages

Dans cette étude, une place importante est accordée aux retours d’expérience des musées. Ces témoignages ont été recueillis lors des réunions du comité de pilotage, mais aussi dans le cadre de rencontres plus restreintes avec les équipes de plusieurs musées.

Retour d'expérience de la crue de mai-juin 2016 au Musée Girodet de Montargis
par Pascale GARDES, Attachée de conservation du musée

Le musée est situé entre le Loing et le canal de Briare, en zone PPRI dont les dispositions sont à revoir car la hauteur d'eau enregistrée lors de l'inondation de juin 2016 a été supérieure à celle prise en compte dans le PPRI.

Les collections du musée ont été très touchées à cause notamment d'une défaillance technique. Le musée Girodet était fermé pour travaux et les collections étaient stockées dans des réserves transitoires qui ont été complètement submergées pendant 72h (l'eau est arrivée par le haut).

Le musée avait déjà conduit une réflexion sur la sauvegarde des collections mais il ne disposait pas d'un véritable plan car il attendait la fin des travaux pour le mettre en place. En effet, la réalisation d'un plan de sauvegarde dans le cadre d'un chantier, avec des collections et des services dispersés semble particulièrement difficile.

Jean-Marc Mercantini attire cependant l'attention sur le fait que dans le cadre d'un chantier, l'ensemble des risques est multiplié par 4 et que, par conséquent, un plan de sauvegarde s'impose.

Pascale Gardes, Directrice du Musée Girodet, souligne qu'une des difficultés majeures a été le fait que l'équipe n'a pas reçu l'alerte suffisamment tôt. Ce retard a été dû au circuit de l'alerte qui a été transmise de la sous-préfecture aux communes et, seulement dans un deuxième temps, à l'agglomération. Puisque le musée appartient à l'OPCI, l'alerte est arrivée avec 3h de retard, un laps de temps qui aurait permis à l'équipe du musée de sauver 50-60% des collections.

Il est donc fondamental d'alerter simultanément tous les responsables concernés mais aussi de réfléchir au système d'alerte. En effet, il n'y a pas eu de sirène et l'alerte a été donnée par mail, un système qui risque de ne pas atteindre immédiatement l'ensemble des destinataires et qui est particulièrement inefficace en cas de coupure de courant.

Le sauvetage des œuvres a donc commencé tardivement et dans de mauvaises conditions : il n'y avait déjà plus d'électricité ni d'ascenseur et l'eau commençait à monter. Par ailleurs, le lieu de repli initialement prévu, situé à 15 minutes du musée, n'a pas pu être utilisé. En effet, les voies d'accès étaient difficilement praticables et il fallait 1h30 pour y arriver.

Certaines œuvres ont pu être évacuées mais d'autres ont été empilées sur des caisses pour qu'elles ne soient pas mouillées. Cependant, l'eau a fini par recouvrir toutes les œuvres et la pression a déplacé les œuvres stockées en produisant « un véritable mikado ». Après une immersion d'environ 72h, les premières opérations pour dégager les œuvres ont été particulièrement délicates et complexes.

Pour organiser cette action de sauvegarde des collections, un rôle décisif a été joué par Sidonie Lemeux-Fraitot, Chargée des collections, qui était alors à Paris. Cette distance lui a permis d’assurer une mission de relais et d’organiser la logistique de l’opération. Elle a ainsi pu, par exemple, louer des camions de congélation afin de congeler les pièces les plus problématiques et celles qui ne pouvaient pas être traitées dans l’immédiat et elle a pu rassembler une cinquantaine de conservateurs qui se sont déplacés pour apporter les premiers secours.

Cette importante mobilisation, véritable mouvement de solidarité, a fonctionné grâce au bouche-à-oreille : Le musée des Beaux-Arts d’Orléans a ainsi mis à disposition son personnel (bien que les deux musées n’aient pas la même tutelle) et le musée du Quai Branly a envoyé sur place sa Responsable du Pôle Conservation-Restauration, Eléonore Kissel pour qu’elle dirige les opérations. Par ailleurs, un gymnase a été mis à disposition du musée pour accueillir et stabiliser les collections.

Afin de documenter l’événement et de pouvoir communiquer sur les importants travaux réalisés, le Musée Girodet a réalisé un cahier de bord et une grande couverture photo des différentes phases de sauvegarde.

L’exemple du musée Girodet permet de souligner l’importance de la création d’un réseau extérieur (dans un rayon de 100km) qui soit capable de se mobiliser rapidement.

Par ailleurs, la Chargée des collections du musée souligne que pour mener une action de sauvegarde efficace il est important de prendre le temps de s’organiser et de bien identifier toutes les personnes impliquées dans le sauvetage avec, par exemple, un gilet phosphorescent.

Cet épisode a également permis aux services techniques de l’agglomération d’entamer une réflexion sur la possibilité de se doter d’équipements de protection, sur la nécessité d’une mutualisation de moyens entre collectivités et établissements et sur la mise au point d’un dispositif de gestion de crise.

Cette expérience particulièrement difficile a fait du Musée Girodet de Montargis un laboratoire vivant concernant toute la réflexion sur la gestion de la post-crise.

Retour d'expérience de l'inondation du Musée Promenade de Louveciennes

par Géraldine CHOPIN, Directrice du Musée Promenade

Au cours des derniers mois, le Musée Promenade a été inondé à trois reprises. Les deux premières inondations dues à des fortes pluies n'ont pas engendré de dégâts, mais la troisième, due à la rupture d'une canalisation d'eau potable à l'extérieur du musée, a été beaucoup plus problématique. Le nettoyage et le traitement des salles du musée et des collections ont duré plusieurs mois.

Lors de la première inondation, l'eau a été résorbée en une semaine. Il serait presque possible de dire que cet événement a été bénéfique car il a été un prétexte pour sortir les collections et faire un grand nettoyage des lieux.

Par contre, la dernière inondation qui a eu lieu en octobre 2016 a provoqué d'importants dégâts sur les collections et sur le bâtiment. Cet incident s'est produit un samedi matin et il n'a pas pu être détecté immédiatement car le musée ne possède pas de système de détection de présence d'eau.

Malgré l'absence d'un plan de sauvegarde formalisé, la gestion de la crise a tout de même été efficace car l'équipe connaît bien le bâtiment et la collection n'est pas très grande. Par contre, ce qui a très vite posé problème c'est que tout le matériel de protection des œuvres était inutilisable car il avait été lui aussi touché par l'eau. Cela permet de souligner que le matériel destiné à la sauvegarde des collections doit être protégé au même titre que les œuvres.

La directrice du musée attire également l'attention sur la question de la manipulation des œuvres en cas de crise. Il semble en effet nécessaire de former les intervenants qui participent au sauvetage afin de trouver un juste milieu entre l'urgence et le besoin de manipuler les œuvres correctement.

L'exemple du Musée Promenade permet de souligner qu'il ne faut pas sous-évaluer la question de l'emplacement des canalisations. Cet élément doit donc toujours être pris en compte dans le cahier des charges de la rénovation ou de la construction d'un musée.

Retour d'expérience de la crue de juin 2016 au Musée départemental Stéphane Mallarmé de Vulaines-sur-Seine

par Hervé JOUBEAUX, Conservateur en chef du Musée

Le musée Mallarmé est situé en zone inondable. Le risque était connu avant l'ouverture du musée car l'eau avait déjà pénétré dans le bâtiment, au temps où la maison était la résidence de villégiature de Mallarmé.

Le plan de sauvegarde du musée a donc été préparé il y a 4 ans, mais il n'a pas encore été validé. Lors de l'élaboration du plan, il a fallu se demander si, en cas d'inondation, il était préférable de monter les œuvres à l'étage ou de les évacuer. La première solution a finalement été écartée car en restant au premier étage, les œuvres seraient trop exposées à l'humidité. Les œuvres devraient donc être évacuées et stockées aux archives départementales qui se trouvent de l'autre côté du fleuve.

Cependant, l'évacuation des œuvres soulève un problème lié notamment au temps d'alerte. Quand l'alerte est donnée 72h avant (c'est le cas d'une crue lente), il est impossible de prévoir si le musée sera vraiment inondé et il est donc difficile de savoir s'il est nécessaire de lancer la procédure.

Lors de la crue de juin 2016, le musée n'a pas été inondé mais l'équipe a profité de l'occasion pour tester son plan de sauvegarde. Le musée s'est ainsi rendu compte que le pont qui permet d'accéder aux archives départementales avait été coupé très tôt pour faciliter la circulation des secours.

Par ailleurs, le musée ne dispose que de deux véhicules qui ne sont pas suffisants pour tout transporter (même si l'essentiel des collections est constitué de documents papier).

Le musée a donc opté pour une solution intermédiaire : certaines œuvres ont été montées à l'étage et d'autres ont été emportées aux archives. Il s'agit, en quelque sorte, d'un plan de sauvegarde du plan de sauvegarde.

Hervé Joubaux, Directeur du musée, insiste sur le fait qu'un grand travail de sensibilisation doit encore être mené auprès des élus. Le plan de sauvegarde pose problème à la collectivité car il suscite des coûts d'investissement liés à l'achat de matériel ainsi que des questions sur le choix d'un lieu de repli. Il est cependant fondamental que la collectivité s'investisse pour développer des partenariats de proximité et pour les arbitrer si nécessaire.

Retour d'expérience d'un important dégât des eaux en 2013 au CERCO (Museon Arlaten) par Aurélie SAMSON, Conservatrice du Musée

Un musée, deux lieux : le bâtiment historique et le CERCO

Actuellement, le bâtiment qui abrite le Museon Arlaten est fermé pour travaux et l'ensemble des collections est stocké au Centre d'Étude, de Restauration et de Conservation des Œuvres (CERCO).

Lors de la réouverture du Museon, prévue pour 2019, seuls 10% des collections réintégreront le musée, tandis que les réserves seront conservées au CERCO.

Les bâtiments du Museon Arlaten ne sont pas directement exposés au risque inondation. En effet, le Museon Arlaten est situé en centre-ville et le rez-de-chaussée est surélevé par rapport au niveau de la rue. De même, le CERCO se situe en zone non-inondable.

Cependant, le musée a déjà subi deux sinistres assez importants qui ont eu lieu en novembre 2013 et en janvier 2015. Le premier au CERCO (dégâts des eaux sur des arts graphiques) et le deuxième dans un des anciens locaux des réserves du musée en centre-ville, qui était encore utilisé (dégâts des eaux sur la collection de boîtes vitrées religieuses, avec développement fongique et moisissures).

Les spécificités des collections du Museon Arlaten

Le récolement du Museon Arlaten a été achevé en 2015 et il a permis d'appréhender clairement l'état des collections et ses fragilités.

Le musée dispose d'une collection très riche composée d'environ 40.000 pièces qui sont *collection musée de France*, mais également d'importants fonds patrimoniaux (archives historiques, périodiques, fonds d'archives privés, etc.).

C'est une collection complexe car elle est en grande partie composée de matériaux organiques, sensibles à l'eau et surtout aux moisissures qui se développent en présence d'un taux d'humidité élevé et/ou d'importants changements de température.

L'établissement d'un protocole de séchage ou de congélation est donc essentiel. Au CERCO, il est possible de brancher des camions frigorifiques dans le quai de débarquement.

Il a aussi été envisagé de prendre contact avec des industries du secteur agroalimentaire qui permettraient, en cas de besoin, de réaliser un séchage à grande échelle, par le procédé de lyophilisation (séchage par évaporation de l'eau à l'état solide directement à l'état gazeux sans passage en phase humide). Cependant, il ne s'agit là encore que d'une idée, et ce procédé ne peut concerner que certains types de matériaux.

Par ailleurs, les collections sont équipées de capteurs de climat qui permettent d'enregistrer les données de température et de d'hygrométrie mais qui ne sont pas à lecture immédiate.

Pour le nouveau musée, il est prévu d'installer un système de gestion centralisée du climat, mais aussi d'acquérir un parc de capteurs climatiques à lecture immédiate qui permet une gestion plus efficace des données, si possible avec envoi d'alertes par email ou SMS en cas de dépassement des valeurs seuils.

Enfin, il convient de souligner que dans le cadre de la rénovation du musée et du futur aménagement des collections, les risques liés aux dégâts des eaux ont été pris en compte (amélioration de l'étanchéité de la toiture du bâtiment, sur les menuiseries, etc.) et pourront être gérés plus facilement. En effet, 95% des collections seront exposées à partir du 1^{er} étage tandis que le rez-de-chaussée présentera surtout des collections immeubles par destination. La petite partie des collections présentée au RDC sera en vitrines surélevées par rapport au sol (environ 90cm). Il n'en reste pas moins qu'en cas d'inondation, le fort taux d'humidité relative nécessitera tout de même une évacuation, et une prise en charge des œuvres.

La gestion d'un important dégât des eaux en 2013

Le CERCO a été terminé en 2011 et il a remplacé les réserves du musée qui étaient situées en centre-ville. Dès son ouverture, les centrales de traitement d'air (CTA) ont montré des défaillances qui ont engendré, en 2013, un important dégât des eaux qui a touché une partie des collections d'arts graphiques. Cela a révélé le manque d'étanchéité interne du bâtiment : la fuite d'une CTA a entraîné un ruissellement très important dans la réserve situé en-dessous.

Dans le cadre de la gestion de cette crise, les relations avec les assurances ont été complexes, surtout en ce qui concerne l'évaluation de la valeur des œuvres.

Ces difficultés ont mis en évidence la nécessité d'alerter les assureurs en amont, mais aussi le besoin d'établir un protocole pour savoir quelle est la marche à suivre face aux assurances.

Cet événement a également entraîné une importante mobilisation d'un groupe de travail qui avait déjà commencé à réfléchir à l'élaboration d'un plan de sauvegarde.

En 2013, l'équipe a souhaité être accompagnée dans sa réflexion sur la sauvegarde des collections par un assistant en maîtrise d'ouvrage. Ce dernier a cependant souligné que ce travail n'avait de sens que s'il était co-construit et adopté par l'équipe du musée. L'attention s'est alors portée sur le CERCO car, à l'époque, l'équipe avait très peu de visibilité sur l'image du futur musée.

Le groupe de travail a d'abord réalisé un bilan des risques auxquels les collections étaient soumises. Ce bilan a permis de constater que le risque inondation devait être pris en considération.

L'équipe a, par la suite, commencé à rédiger des fiches réflexes mais ces dernières ne sont pas encore tout à fait complètes. Ces fiches ne concernent que certains types de collections (arts graphiques, fonds patrimoniaux et textiles) et il s'agit de : fiche de hiérarchie des collections, fiche manutention, fiche évacuation, fiche congélation et fiche séchage.

Par ailleurs, un stock de fournitures permettant de faire face à la gestion d'une crise a été mis en place au CERCO : bâches, chariots, bottes de pluie, chaussures de sécurité, sacs de congélation, buvards, caisses ajourées, etc. ont été achetés et sont conservés sur le site.

Parallèlement, un travail de déplacement des collections à l'intérieur de chaque réserve a été entamé, afin de faciliter l'accès et de permettre d'évacuer rapidement les œuvres. Certaines œuvres ont été équipées d'un système de soclage pour simplifier leur manipulation et les protéger en cas d'évacuation d'urgence.

En ce qui concerne la définition des œuvres prioritaires, il convient de souligner que la liste peut varier en fonction du risque auquel il faut faire face. La liste d'œuvres prioritaires pour les collections du CERCO n'a pas encore été faite car, pour l'instant, les œuvres prioritaires sont celles qui vont rejoindre le Museon Arlaten lors de sa réouverture.

De manière générale, les travaux de l'équipe ont surtout permis de définir des modalités de traitement post-sinistre, mais l'essentiel de la réflexion sur le travail préalable doit encore être mené.

En effet, très vite le projet de rénovation du musée est devenu prioritaire. En termes financiers, la conséquence est un investissement très important de la collectivité de tutelle (le Département 13) sur le projet de rénovation, les travaux relatifs au bâtiment, etc., et donc, une mobilisation moins importante sur les opérations de fond telle que l'élaboration et la préparation d'un plan de sauvegarde.

En termes de moyens humains, les équipes du musée doivent aussi concentrer tous leurs efforts sur les enjeux liés directement à la rénovation et à la préparation du futur musée.

Aujourd'hui, le groupe de travail sur le plan de sauvegarde est composé des responsables de la gestion des collections et des bâtiments : le référent technique en conservation préventive pour le bâtiment, la responsable des collections, le régisseur des œuvres, la responsable des fonds patrimoniaux, etc. Cependant, à terme, il sera important d'associer le secrétaire général du musée car de nombreux aspects de la sauvegarde relèvent du domaine administratif.

Cette équipe continue à se réunir mais l'élaboration d'un plan de sauvetage rencontre des difficultés liées au manque de temps pour mener cette réflexion et pour développer de nouvelles compétences, au manque de moyens financiers pour acquérir le matériel permettant d'assurer la sauvegarde des collections et, surtout, à l'absence d'un cadastre qui permettrait de ne pas s'éparpiller et d'être sûr de ne rien oublier.

Selon Aurélie Samson, il serait souhaitable, par exemple, d'établir une banque de données avec d'autres plans de sauvegarde qui pourraient être source d'inspiration.

Il semble aussi important de pouvoir rencontrer d'autres musées qui disposent déjà d'un plan de sauvegarde et qui ont donc un regard critique sur le travail réalisé.

Enfin, il semble nécessaire de créer un lien avec la Mairie d'Arles sur cette question car ce travail commun sur la gestion du risque inondation est aujourd'hui inexistant.

Communication et formations

Le Museon Arlaten n'a pas mis en place une communication et des formations spécifiques concernant le risque inondation.

Cependant, depuis 2007, le personnel en contact avec les collections du musée a réalisé de nombreuses formations en conservation préventive, et a été fortement mobilisé à l'occasion des deux derniers sinistres liés à des dégâts des eaux (formation sur le tas...).

De plus, une microbiologiste réalise une fois par trimestre une réunion sur les risques de dégradation liés aux insectes et aux micro-organismes (moisissures). Le personnel d'entretien est associé à cette démarche, même s'il s'agit d'une société extérieure (avant la fermeture pour travaux, la délicate opération de dépoussiérage des collections était réalisée par deux agents du musée).

Depuis la fermeture en 2007, les personnes qui s'occupaient de l'accueil ont été requalifiées pour préparer le déménagement des collections et ont été sensibilisées à la conservation préventive.

Le déménagement des collections au CERCO a aussi permis d'expérimenter la complexité de la gestion d'une « évacuation » à grande échelle (coordination, pointage, gestion des données informatiques, etc.). Cette opération a été vécue comme un vrai entraînement qui a permis de tester et d'améliorer les réflexes et les compétences, même si il n'y avait pas de facteur « urgence » à intégrer dans le cadre de cette opération.

Le cas du Musée Réattu à Arles

par Daniel ROUVIER, Conservateur en chef du Musée Réattu
et Camille AMOROS, Responsable de la régie du Musée Réattu

État des lieux

Situé en bordure du Rhône, dans un lieu historique d'exception, le Musée Réattu est soumis au risque inondation. Cette vulnérabilité a entraîné la mise en place d'un certain nombre de mesures pour protéger le bâtiment et les collections (par exemple, l'installation de clapets anti-retour).

Cependant, de nombreuses améliorations sont encore possibles et souhaitables, tant au niveau de l'entretien et de l'exploitation du bâtiment, qu'au niveau de la prévention et de la protection des risques inondation.

À ce jour, le Musée Réattu ne dispose pas d'un plan de sauvegarde, mais un état des lieux a été réalisé.

Il y a deux ans, le musée avait en effet répondu à la convocation de la Drac PACA pour participer à une rencontre avec le Responsable de la MISSA (Mission de la sécurité, de la sûreté et de l'accessibilité du Ministère de la Culture) visant à informer les musées et à leur donner des outils pour réaliser, actualiser et/ou améliorer leur plan de sauvegarde.

Si la réflexion pour la mise en place d'un plan de sauvegarde a donc été lancée, pour le moment elle n'a pas encore abouti.

Spécificité des collections du Musée Réattu

La principale difficulté que le musée rencontre vis à vis de l'élaboration d'un plan de sauvegarde est liée au fait que ses collections sont constamment en mouvement.

En effet, le musée ne dispose pas d'espaces exclusivement dédiés aux expositions temporaires. L'extension prévue à cet effet ne peut être construite car l'emplacement ne répond pas aux contraintes du règlement du secteur sauvegardé.

Cette situation entraîne un déplacement fréquent des collections. Par conséquent, le plan de sauvegarde devrait être actualisé en permanence.

Par ailleurs, les collections du musée Réattu présentent un grand nombre de dessins et de photographies, des œuvres particulièrement fragiles qui, pour des raisons de conservation, doivent faire l'objet d'une rotation régulière.

Les réserves

Les réserves du musée se situent pour la plupart en hauteur. Une partie des réserves se trouve à Sainte-Luce et une autre partie dans les greniers du musée.

Cependant l'espace des réserves est limité et il ne répond pas, sur le moyen/long terme, aux besoins liés aux acquisitions et aux dépôts d'œuvres.

Le musée Réattu est en effet le lieu de dépôt des acquisitions réalisées par les Rencontres de la photographie d'Arles, qui sont souvent des œuvres de grand format.

Une solution à cette problématique pourrait être la mutualisation d’espaces avec d’autres musées.

Le cas du Musée de la Camargue : Un plan de sauvegarde lié au projet de rénovation et d'ampliation du musée

par Estelle ROUQUETTE, Directrice du Musée de la Camargue

État des lieux

Aménagé en 1978 dans l'ancienne bergerie du mas du Pont de Rousty par le Parc naturel régional de Camargue, le Musée de Camargue est situé en zone inondable.

Le Musée de la Camargue a été inondé à deux reprises, en 1993 et en 1994. En 1993, l'eau a atteint 30 cm à l'intérieur du bâtiment et elle est restée un mois.

Ces inondations ont entraîné la fermeture du musée pendant un an afin d'effectuer les travaux de réparation les plus urgents et la construction de réserves situées à 150 m de la bergerie, réalisées avec le soutien de la Drac PACA. Ces premiers travaux ont été faits dans l'attente d'un projet de rénovation plus conséquent qui n'a pu aboutir qu'en 2012.

La réalisation de ce projet qui prévoyait la rénovation du bâtiment existant (la bergerie) et la création d'une ampliation du musée, a été partagée en deux tranches.

- La première tranche a permis la rénovation complète de la bergerie en 2012-2013. Ces travaux ont cependant pris en compte un certain nombre d'éléments prévus dans la deuxième tranche de travaux, comme par exemple l'emplacement de la future ampliation.
- Le permis de construire pour la conduite de la deuxième phase des travaux a été obtenu. Les travaux devraient pouvoir démarrer dans les prochains mois, quand le musée aura obtenu la totalité des aides publics nécessaires au projet.

Un plan de sauvegarde lié au projet de rénovation et d'ampliation du musée

Le Musée de la Camargue est en train de réaliser son plan de sauvegarde dans lequel la rénovation et l'extension du musée ont, non seulement, été intégrées, mais constituent des éléments nécessaires à la mise en œuvre de ce plan.

En effet, suite à la rénovation de la bergerie en 2012-2013, le niveau du sol a été rehaussé et les œuvres sont désormais accrochées au-dessus du niveau d'eau enregistré lors des inondations. Le seul élément qui n'a pas pu être modifié est le système VMC qui est encore sous le sol et qui, en cas d'inondation, sera inévitablement endommagé. Cependant, ce risque est jugé acceptable car une éventuelle inondation du circuit VMC n'aurait pas de conséquence directe sur les collections.

Parallèlement, les travaux de rénovation ont aussi porté sur l'exposition permanente du musée qui a été entièrement repensée. Intitulée « Le fil de l'eau, le fil du temps », cette exposition est en partie liée à la thématique inondation et elle a obtenu la labellisation « Plan Rhône » de la région PACA. En effet, le parcours muséographique met en exergue la spécificité du territoire camarguais ainsi que la nécessité d'adaptation de l'homme à la nature et l'importance de la prise en compte des risques.

Dans le cadre de ce parcours, différents éléments comme une photographie de la bergerie inondée ou des cartographies comparatives permettent de sensibiliser le public au risque inondation. Le musée réalise également des actions de médiation sur cette thématique.

En ce qui concerne l'extension, le projet prévoit la création d'une zone refuge des biens et des personnes qui communique avec le musée. Depuis la bergerie (bâtiment de plain-pied ayant une capacité d'accueil de 127 visiteurs), l'extension sera accessible aux personnes handicapées et élevée à une hauteur d'1,30 m.

Une demande de labellisation « plan Rhône » pour cette extension a d'ailleurs été déposée auprès de la région PACA.

Le plan de sauvegarde, intrinsèquement lié à la réalisation de cette extension, n'est donc pas encore finalisé, mais les règles qui émaneront du plan de sauvegarde sont déjà connues et globalement intégrées dans le fonctionnement du musée.

Des formations de certains membres de l'équipe ont déjà été réalisées et l'organisation d'un exercice de simulation est prévue.

La directrice a aussi réalisé une fiche réflexe sur la conduite à tenir en cas d'inondation. Il s'agit d'une fiche sur la conduite générale qui ne concerne pas la problématique spécifique de la sauvegarde des collections.

Par ailleurs, l'équipe du musée doit encore travailler sur la définition des œuvres prioritaires en cas d'évacuation du musée.

La finalisation du plan de sauvegarde se heurte aussi aux difficultés de coordination et d'implication d'une équipe particulièrement restreinte. Le fonctionnement du musée repose en effet sur 5 personnes : la directrice, deux régisseurs, un technicien et une médiatrice spécialisée dans la gestion des collections. Le site dispose également d'un gardien mais ce dernier ne souhaite pas recevoir les clés du musée. Son rôle devrait être mieux défini dans le plan de sauvegarde.

Le système d'alerte

Enfin, en termes d'alerte face au risque d'inondation, le Musée pourra être facilement averti car le siège de la Commission de l'eau qui est chargée de la veille et de l'organisation de l'état d'urgence, se situe, comme le musée, dans le Parc de Camargue.

***Le cas du Musée départemental de l'Arles antique : Un bâtiment bien protégé
malgré son emplacement en bordure du Rhône***

par Alain CHARON, Conservateur en chef au Musée et Nicolas DE LARQUIER,
Conservateur du Musée



MDAA photo aérienne, Musée départemental Arles antique

© R. Bénali

Un bâtiment bien protégé malgré son emplacement en bordure du Rhône

Initié en 1990, le bâtiment a été inauguré en 1995. Dans un premier temps, le musée a été un établissement municipal, puis il a été sous la tutelle d'un syndicat mixte (ville et département) et, enfin, il est passé sous la tutelle exclusive du département en 2003.

Le Musée départemental de l'Arles antique a été édifié pour accueillir l'ensemble des collections archéologiques de la ville. Le lieu d'implantation a été choisi pour répondre à plusieurs besoins : d'une part, il permettait d'assurer la protection et la mise en valeur des vestiges du cirque romain qui se trouvent à proximité, d'autre part, il offrait la possibilité de créer une liaison entre le centre-ville et le quartier excentré de Barriol.

La construction a été réalisée grâce au concours de l'État et à la mobilisation de fonds Feder. Pour répondre aux exigences des fonds Feder, l'établissement n'a pas été conçu comme un simple musée, mais comme un institut qui accueille également un laboratoire d'archéologie et un laboratoire de restauration des œuvres.

Lors du concours architectural, le choix s'est porté sur un projet audacieux et résolument moderne qui a permis au musée de devenir une des plus grandes réalisations architecturales contemporaines de la ville d'Arles.

Le musée présente une forme triangulaire qui offre la possibilité de faire évoluer facilement le bâtiment (cela a été le cas lors de la construction de l'extension réalisée à partir d'une des extrémités du triangle). Par ailleurs, le bleu intense qui recouvre les façades extérieures permet de rappeler que dans l'antiquité les bâtiments étaient peints.

Enfin, le musée possède de grandes baies vitrées donnant sur le Rhône qui soulignent l'importance du rôle de ce fleuve dans l'antiquité. À cette époque, le Rhône était en effet un axe commercial majeur qui reliait le bassin méditerranéen au nord de l'Europe.

Récemment, la découverte d'un chaland dans le Rhône et la construction de la nouvelle aile du musée pour le présenter au public ont permis de mettre encore plus en valeur les activités fluviales du port d'Arles et les nombreux vestiges en lien avec le commerce et la navigation.

Malgré son emplacement en bordure du Rhône, le Musée a toujours été préservé des inondations car il se situe dans une zone surélevée. Même lors de l'inondation catastrophique de 2003, le musée n'a subi que quelques dégâts dans le sous-sol. Ces dégâts n'ont pas été provoqués par des remontées d'eau par capillarité, mais par la rupture d'une canalisation d'eau pluviale.

Si à l'époque aucune collection n'avait été touchée, le sous-sol est aujourd'hui un lieu plus problématique. En effet, ce vide sanitaire qui accueille un compresseur, différentes canalisations et les arrivées électriques, est devenu un espace de stockage des dépôts de fouille pour pallier le manque de place dans le musée. Les œuvres entreposées sont essentiellement constituées d'éléments en céramique et en pierre car l'hygrométrie du sous-sol est importante.

Cependant, un projet de réserves externalisées devrait voir le jour en 2018/2019 de l'autre côté du Rhône (dans le quartier de Trinquetaille) afin d'offrir à ces œuvres un lieu plus adapté. Il est d'ailleurs intéressant de souligner que le risque inondation a été pris en compte dans le bâtiment qui abritera les réserves car le sol sera surélevé de 20 cm par rapport au plus haut niveau de crue enregistré jusqu'à présent.

Par ailleurs suite à l'inondation de 2003, d'importants travaux réalisés par le Syndicat mixte interrégional d'aménagement des digues du delta du Rhône et de la mer : ont renforcé la protection du musée. Le terrain sur lequel le musée est implanté a été surélevé de 70 cm et un mur a été construit au niveau du jardin.

Plus que le risque de crue, le bâtiment est davantage soumis à des problèmes d'étanchéité. Ainsi, les fortes pluies provoquent parfois des infiltrations qui se manifestent surtout à la jonction entre l'ancien bâtiment et le nouveau, mais qui peuvent aussi apparaître dans d'autres espaces. Les problèmes d'infiltrations sont symptomatiques d'un toit terrasse comme celui du Musée départemental de l'Arles antique. Ce type de toiture est souvent privilégié dans les constructions du sud de la France bien qu'elle soit inadaptée aux fortes pluies caractéristiques de l'arc méditerranéen français.

Ces infiltrations peuvent donc parfois toucher des œuvres et contribuer à une augmentation du taux d'humidité et à un dérèglement du climat. Il convient cependant de souligner que l'ensemble des espaces reste relativement stable et que les collections, constituées en grande partie de lapidaires, ne sont pas très sensibles à ces dérèglements.

L'œuvre la plus problématique des collections du musée est sans aucun doute l'épave du bateau gallo-romain car, en cas de catastrophe, son évacuation serait très problématique, voire impossible.

Par ailleurs, au-delà des problèmes d'infiltrations, le musée a récemment connu des soucis à cause d'une canalisation bouchée dans le sous-sol. Les fortes pluies ont en effet provoqué une pression importante dans cette canalisation qui a cédé en provoquant une fuite d'eau qui a atteint des œuvres qui étaient entreposées à proximité.

Les dégâts n'ont pas été vus immédiatement car l'accès au sous-sol est restreint et que les visites de contrôle n'ont lieu que deux fois par semaine.

L'élaboration du plan de sauvegarde : un processus long et complexe

Le musée ne possède pas de plan de sauvegarde, mais une première réflexion a été menée par l'équipe. Aujourd'hui, il ne s'agit pas de réaliser le plan parfait, mais d'établir un document réaliste qui correspond aux besoins et aux moyens humains, techniques et financiers du musée.

Cependant, le principal obstacle reste le manque de temps. Il est en effet difficile de rassembler et de former une équipe très prise par les tâches quotidiennes.

Une autre difficulté rencontrée correspond à l'identification des risques alors que les collections et le bâtiment semblent peu exposés.

Le bâtiment du musée est en effet constitué de matériaux inertes qui ne sont pas particulièrement sensibles aux risques. En ce qui concerne le risque incendie, le plus grand danger pour les collections serait l'émanation de fumées qui pourraient noircir les œuvres. Il convient donc de penser à un système pour recouvrir et protéger certaines pièces et identifier les œuvres les plus précieuses qui devraient être retirées.

Par ailleurs, le bâtiment est facilement accessible aux pompiers car il est situé dans un site où il n'y a pas de problème de stationnement et il est doté de nombreuses sorties de secours qui permettraient d'évacuer le public sans grandes difficultés.

Enfin, le musée peut compter sur le fait que les pompiers connaissent bien les lieux puisqu’ils y ont réalisé des exercices de formation.

Par contre, lors des exercices, il n’y a pas eu de déplacement des collections pour éviter de les manipuler.

Si la gestion des risques semble avoir été globalement bien pensée par les architectes au niveau du bâtiment, Nicolas de Larquier souligne qu’il y a une certaine déficience au niveau des œuvres. En effet, le musée est constitué essentiellement d’open spaces où il y a très peu de lieux de stockage pour garder des matériaux de protection et des kits d’urgence.

Le cas de la réalisation du Plan de Sauvegarde des œuvres du Musée de la Franc-maçonnerie de Paris

par Beryle KORMANN, Attachée de conservation du Musée

En juin 2016 le musée n'a pas été inondé. Cependant, l'établissement est situé en zone inondable et il doit donc établir un plan de sauvegarde. Ce dernier doit être multi-acteurs car la sécurité du musée est gérée collectivement par le Grand Orient. Cette situation particulière permet une mise au courant rapide en cas d'événement mais entraîne également un délai pour la mobilisation des équipes.

Afin de commencer à travailler sur le plan de sauvegarde, le musée a donc fait appel à une stagiaire étudiante en master 2 qui possédait une expérience préalable en restauration.

Afin d'établir un plan de sauvegarde des collections du musée qui se caractérisent par leur grande diversité (matériau, taille, poids, valeur, emplacement) et, par conséquent, par une multiplicité de modes d'évacuation, les axes de travail ont été :

- Evaluer les collections et identifier les œuvres prioritaires ;
- Recenser les œuvres en prenant en compte leur localisation ;
- S'intéresser aux caractéristiques du bâtiment (résistance des planchers, présence d'escalier pouvant entraver l'évacuation des œuvres, etc.).

La stagiaire a donc réalisé des plans de tous les espaces du musée et des fiches d'œuvre. Ces dernières doivent être des documents synthétiques qui présentent : une photo de l'œuvre, sa localisation, ses dimensions, sa valeur d'assurance, le nombre de personnes nécessaires pour la manipuler et le degré de sensibilité aux différents risques (incendie, inondation, choc, etc.).

Chaque œuvre doit avoir un code couleur car dans l'urgence les personnes qui interviendront n'auront pas le temps de lire et ils n'auront peut-être pas reçu de formation.

La mise en place d'un code couleur est très simple dans les réserves puisqu'il suffit de mettre une étiquette sur chaque œuvre. Par contre, le musée n'a pas encore trouvé de solution pour les œuvres exposées car l'option de mettre une étiquette sous le cartel ne semble pas satisfaisante.

Parmi les 7500 pièces qui composent la collection, ce travail a permis d'identifier 300 œuvres particulièrement importantes, parmi lesquelles 150 ont une priorité absolue.

Il a donc été décidé de réaliser 2 carnets : un premier qui rassemble les œuvres en général et un deuxième qui correspond aux œuvres prioritaires. Ces cahiers sont imprimés afin qu'ils puissent être consultés facilement et sans aucune formation informatique préalable (une panne de courant pourrait d'ailleurs rendre l'utilisation des ordinateurs impossible).

Les fiches ont été réalisées sur un document world afin de pouvoir les actualiser facilement car un plan de sauvegarde évolue en permanence à cause des mouvements d'œuvres, des prêts, des acquisitions, etc.

Par ailleurs, la stagiaire a aussi travaillé sur l’élaboration d’un système de pointage.

Une réflexion a également été conduite sur les personnes qui pourraient être impliquées dans la sauvegarde : l’association des amis du musée, le personnel qui gère le bâtiment et les agents d’accueil. Cependant, ces personnes doivent être formées, notamment par le biais d’exercices de simulation qui permettent de faire émerger les difficultés et de trouver des solutions.

Le musée doit également se doter de matériel qui permet de réagir à une inondation. Le musée dispose par exemple de quelques batardeaux mais le personnel ne sait pas nécessairement les utiliser.

Enfin, il semble nécessaire de ne pas oublier qu’au-delà de son élaboration, la mise à jour d’un plan de sauvegarde demande aussi énormément de temps.

Camille Amoros, Régisseuse du Musée Réattu souligne qu’une solution qui permettrait de répondre à ce besoin d’actualisation, pourrait être que plusieurs musées mutualisent le travail d’une personne qui travaillerait sur plusieurs plans de sauvegarde.

Annexe 2

Le Questionnaire et Guide d’Aide au Recueil des Retours d’Expérience

Les réponses aux questions qui figurent dans ce document, correspondent au retour d’expérience de l’inondation du Musée Réattu.

Le questionnaire vierge est disponible à l’adresse ci-dessous. Les réponses peuvent être directement portées en ligne.

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdoGcXb5gCTVGvmV6kVtIABJkmzCn-b7MHEGoJh5UdIn-G4BQ/viewform?usp=pp_url

Monday, March 11, 2019 at 5:35:12 PM Central European Standard Time

Objet: Retour d'expérience d'inondation

Date: lundi 11 mars 2019 à 17:25:14 heure normale d'Europe centrale

De: Google Forms

À: jean-marc.mercantini@lis-lab.fr

Google Forms

Thanks for filling out [Retour d'expérience d'inondation](#)

Here's what we got from you:

[EDIT RESPONSE](#)

Retour d'expérience d'inondation

Ce formulaire s'insère dans le cadre du projet MRI (Musées Résilients aux Inondations) financé par le Ministère de la Transition Écologique et Solidaire et soutenu par le ministère de la Culture.

Les deux premières phases de ce projet ont abouti à la production d'un guide d'accompagnement à l'élaboration, la mise à jour et la mise en œuvre des Plans de Sauvegarde des Biens Culturels (PSBC). La troisième phase, en cours, a pour objet de proposer un portail informatique qui serait le lieu de rencontre des responsables de musées où ils pourraient y trouver des outils pédagogiques d'accompagnement à l'élaboration de leur PSBC, un forum d'échange, des exemples de PSBC, des échanges de Retours d'Expériences (REX), etc.

L'objet de ce formulaire est multiple :

- Recueillir des témoignages d'inondation de musées,
- Contribuer à la formalisation de documents pour faciliter la rédaction de Retours d'Expériences (dans le cas d'inondations) ainsi que leur analyse,
- Contribuer à l'élaboration d'outils d'aide au Retour d'Expérience,
- Contribuer à établir des types de scénarii d'inondation, ce qui est important dans le cadre d'analyse de risques et d'exercices de simulations (qu'ils soient de nature informatique ou joués sur site),
- Contribuer à la conception d'une « main courante » type.

Dans le cadre de cette troisième phase, une équipe d'élèves ingénieurs (l'équipe « Quinté-Valland ») en Génie Industriel et Informatique à Polytech Marseille est chargée de développer, sur la base des retours de ce formulaire, un outil de simulation d'inondations de musées.

L'équipe Quinté-Valland, vous remercie de l'attention que vous voudrez bien porter à ce formulaire et des critiques que vous pourriez formuler à son sujet. La dernière rubrique est prévue à cet effet.

Si vous souhaitez remplir le formulaire en plusieurs fois, vous devez envoyer le formulaire en vous rendant à la dernière page, et revenir par la suite sur les sections non remplies.

Email address *

Page 1 of 24

jean-marc.mercantini@lis-lab.fr

Nom du Musée

Réattu

Adresse du Musée

10 rue du grand prieuré - Arles

A. Description du Musée

Dans cette première section, nous souhaitons recueillir des informations relatives au Musée et à son contexte permanent (localisation, environnement climatique et urbain, spécificités) tels qu'ils étaient lors de l'inondation et tels qu'ils sont aujourd'hui. A la fin de chaque partie, vous avez la possibilité de compléter votre discours si vous jugez que des points importants sont mal abordés par les questions posées.

Si vous jugez opportun de compléter et référencer votre discours avec des documents, des photos et des images, vous pouvez nous les faire parvenir à l'adresse suivante : le.quinte.valland@gmail.com

A.1) Localisation du Musée

1. Le territoire communal est-il potentiellement inondable ?

- Oui
 Non
 Ne sait pas

2. Votre commune fait-elle l'objet d'un PPRI ?

- Oui
 Non
 Ne sait pas

3. Si oui, précisez le code PPRI (si connu) de la zone où est situé le musée

RH - Bande de sécurité

4. Le musée est-il situé sur un terrain inondable ?

- Oui
 Non
 Ne sait pas

5. Quelle est la nature potentielle des inondations d'origine naturelle par lesquelles vous pouvez être impacté ? (débordement direct, ruissellement, submersion marine, remontées de nappe, ...)

Débordement direct
Débordement indirect
Ruissellement

6. Quelle est la nature potentielle des inondations d'origine anthropique par lesquelles vous pouvez être impacté ? (ruptures de canalisations internes ou externes, fuites de toiture, ...)

Fuites de toitures
Remontées par le pluvial

7. Votre musée se situe t-il en zone urbaine?

- Oui
 Non

8. Autres commentaires sur la localisation de votre musée

Le musée est, en partie, situé plus bas que le Rhône : B1 inondable, B2 non inondable (Voir plan du musée). Depuis la dernière inondation, des travaux de réfection des quais ont été réalisés. Depuis, les sales en RdC (mais plus bas que le Rhône) sont moins humides.

A.2) Environnement climatique et urbain du musée

1. Quel est l'historique des inondations du musée ? (date et nature)

Par fortes pluies, le bâtiment Ste Luce (B3) est « inondé »
De même les bâtiments B1 et B2 (voir plan)

En 1994, 60 cm d'eau dans la cours du bâtiment B1
En 2003, 30 cm d'eau dans la cours du bâtiment B1
L'eau est remontée par le pluvial

Depuis, réparation ou mise en place de clapets anti-retour

2. Quelles sont les caractéristiques de votre environnement climatique ? (ouragan, épisode cévenol, tempête, neige, ...)

Épisodes Cévenols

3. Quelles sont les caractéristiques de votre environnement urbain proche ? (rue en pente, cuvette, ...)

Rues en pentes - En contre-bas du Rhône

4. Autres commentaires sur l'environnement de votre musée

Les égouts et le pluvial sont (de mémoire visuelle) situés à 7 / 8 m sous le niveau de la chaussée.

A.3) Spécificités du musée

A.3.1) Les bâtiments

1a. Nombre de bâtiments constituant votre musée (le jour de l'inondation)

2

1b. Nombre de bâtiments constituant votre musée (aujourd'hui)

3

2a. Nombre d'étages par bâtiment (le jour de l'inondation)

B1 : 3 étages
B2 : 3 étages

2b. Nombre d'étages par bâtiment (aujourd'hui)

B1 : 3 étages
B2 : 3 étages
B3 : 3 étages

3a. Nombre de sous-sols par bâtiment (le jour de l'inondation)

B1 et B2 : 1 niveau en sous-sol

3b. Nombre de sous-sols par bâtiment (aujourd'hui)

B1, B2 et B3 : 1 niveau en sous-sol

4a. Superficie au sol (m²) par bâtiment (le jour de l'inondation)

Mesures approximatives incluant les cours intérieures :
B1 = 975 m²
B2 = 840 m²

4b. Superficie au sol (m²) par bâtiment (aujourd'hui)

Mesures approximatives incluant les cours intérieures :
B1 = 975 m²
B2 = 840 m²
B3 = 650 m²

5a. Les bâtiments étaient-ils classés au patrimoine ? (le jour de l'inondation)

Les 2 bâtiments étaient classés

5b. Les bâtiments sont-ils classés au patrimoine ? (aujourd'hui)

Les 3 bâtiments sont classés

6a. Les salles du rez-de-chaussée faisaient-elles l'objet d'un rehaussement du sol (le jour de l'inondation)

Non, pas de rehaussement

6b. Les salles du rez-de-chaussée font-elles l'objet d'un rehaussement du sol (aujourd'hui)

Non, pas de rehaussement

7a. Votre musée disposait-il d'extension(s) bâtementaire(s) (le jour de l'inondation)

Non

7b. Votre musée dispose t'il d'extension(s) bâtementaire(s) (aujourd'hui)

Le bâtiment B3 est une extension aux bâtiments B1 et B2 initiaux

8a. Décrire l'état des bâtiments : toiture, planchers, fenêtres, ... (le jour de l'inondation)

Planchers, fenêtres et toitures étaient en mauvais état

8b. Décrire l'état des bâtiments : toiture, planchers, fenêtres, ... (aujourd'hui)

Les planchers des bâtiments B1 et B2 ont été refaits en 2014 – 2015
Toutes les fenêtres coté sud ont été changées

9. Autres commentaires sur les bâtiments

Réparation des toitures B1 et B2 prévues pour cette année (2019).
Tous ces travaux sont postérieurs à l'inondation de 2003.

A.3.2) Les équipements

1a. Disposiez-vous d'équipements de protection contre les inondations ? Si oui, lesquels ? (le jour de l'inondation)

le jour de l'inondation, aucun équipement spécifique.

1b. Disposez-vous d'équipements de protection contre les inondations ? Si oui, lesquels ? (aujourd'hui)

Aujourd'hui, des clapets anti-retour au niveau du pluvial.

2a. Disposiez-vous d'équipements de surveillance ? Si oui, lesquels ? (le jour de l'inondation)

Le jour de l'inondation, aucun équipement de surveillance

2b. Disposez-vous d'équipements de surveillance ? Si oui, lesquels ? (aujourd'hui)

Aujourd'hui (depuis 2012), rien de spécifique contre les inondations, par contre présence d'agents de salles et de sécurité et présence de caméras. Leurs fonctions est essentiellement pour des objectifs de sûreté (intrusion, vol) et de sécurité incendie.

3a. Disposiez-vous d'équipements d'alerte ? Si oui, lesquels ? (le jour de l'inondation)

Le jour de l'inondation, aucune alerte

3b. Disposez-vous d'équipements d'alerte ? Si oui, lesquels ? (aujourd'hui)

Aujourd'hui, alerte téléphonique sur la crue du Rhône par un automate téléphonique de la Mairie.

4. Autres commentaires sur les équipements

A.3.3) Les services

1a. Disposiez-vous de services administratifs ? Si oui, lesquels, où étaient-ils situés dans vos bâtiments (étage) et ont-ils été impacté par l'inondation ? (le jour de l'inondation)

Le jour de l'inondation, tous les services étaient situés dans les bâtiments B1 et B2 (préciser l'étage) :
Service du public, Secrétariat, Communication, Comptabilité, Conservation, Technique, Bibliothèque, Régisseur des œuvres, Intendance ménage, Sécurité, Accueil – boutique – billetterie, Agents de salles.

1b. Disposez-vous de services administratifs ? Si oui, lesquels et où sont-ils situés dans vos bâtiments (étage) ? (aujourd'hui)

Aujourd'hui et depuis 2006, sont situés à Ste Luce (B3) :
Service du public, Secrétariat, Communication, Comptabilité, Conservation, Technique, Bibliothèque, Régisseur des œuvres, Intendance ménage, Sécurité,

Sont situés à B1 et B2 :
Accueil – boutique – billetterie, Agents de salles

2a. Disposiez-vous de laboratoires ? (bâtiment, repère, étage, sous sol...) Si oui, lesquels, où étaient-ils situés dans vos bâtiments (étage) et ont-ils été impacté par l'inondation ? (le jour de l'inondation)

Réserve photo (Encadrement)

2b. Disposez-vous de laboratoires ? (bâtiment, repère, étage, sous sol...) Si oui, lesquels, où sont-ils situés dans vos bâtiments (étage) ? (aujourd'hui)

Réserve photo (Encadrement)

3a. Disposiez-vous de réserves ? (bâtiment, repère, étage, sous sol...) Si oui, lesquelles, où étaient-elles situées et ont-elles été impacté par l'inondation ? (le jour de l'inondation)

Le jour de l'inondation, toutes les réserves étaient situées au B1 au deuxième étage, ce qui les rendaient vulnérables aux fuites de la toiture.

3b. Disposez-vous de réserves ? (bâtiment, repère, étage, sous sol...) Si oui, lesquelles et où sont-elles situées ? (aujourd'hui)

Réserve Boutique : B1 RdC
Réserve 2 (à préciser) : B1 au 1 étage
Réserve 3 (à préciser) : B1 au 2 étage
Réserve 4 (à préciser) : B1 au 2 étage
Réserve Grand Format : B2 au RdC

Réserve 6 (à préciser) : B3 au 2 étage

4. Autres commentaires sur les services

A.3.4) Les collections

1a. Quels types d'oeuvres disposiez-vous dans votre musée et en quelles quantités ? (le jour de l'inondation)

1b. Quels types d'oeuvres disposez-vous dans votre musée et en quelles quantités ? (aujourd'hui)

2a. Suivant quels critères (financier, historique, social, rareté, artistique, ...) estimez-vous la valeur de vos oeuvres, par type ? (le jour de l'inondation)

2b. Suivant quels critères (financier, historique, social, rareté, artistique, ...) estimez-vous la valeur de vos oeuvres, par type ? (aujourd'hui)

3a. Pour chaque type d'oeuvre, pouvez-vous estimer son niveau de vulnérabilité à l'eau (VE), aux chocs (VC) et au feu (VF) suivant une échelle de 1 à 5 (1 : Très Faible, 2 : Faible, 3 : Moyenne, 4 : Forte, 5 : Très Forte), le jour de l'inondation

3b. Pour chaque type d'oeuvre, pouvez-vous estimer son niveau de vulnérabilité à l'eau (VE), aux chocs (VC) et au feu (VF) suivant une échelle de 1 à 5 (1 : Très Faible, 2 : Faible, 3 : Moyenne, 4 : Forte, 5 : Très Forte), aujourd'hui

4a. Pour chaque type d'oeuvre, pouvez-vous estimer son niveau de maniabilité en terme de : démontabilité (MDm), déplaçabilité (MDp), manipubabilité (MM), transportabilité (MT) suivant une échelle de 1 à 5 (comme pour la question précédente), le jour de l'inondation

4b. Pour chaque type d'oeuvre, pouvez-vous estimer son niveau de maniabilité en terme de : démontabilité (MDm), déplaçabilité (MDp), manipubabilité (MM), transportabilité (MT) suivant une échelle de 1 à 5 (comme pour la question précédente), aujourd'hui

5. Autres commentaires sur les collections

A.3.5) L'organisation

1a. Disposez-vous d'un PSBC ? (le jour de l'inondation)

- Oui
 Non

1b. Disposez-vous d'un PSBC ? (aujourd'hui)

- Oui
 Non

2a. Possédez-vous des zones refuges pour vos oeuvres ? Si oui, précisez leur localisation (le jour de l'inondation)

2b. Possédez-vous des zones refuges pour vos oeuvres ? Si oui, précisez leur localisation (aujourd'hui)

3a. Possédez-vous des zones refuges pour les personnes ? Si oui, précisez leur localisation (le jour de l'inondation)

Non

3b. Possédez-vous des zones refuges pour les personnes ? Si oui, précisez leur localisation (aujourd'hui)

Non

4a. Avez-vous établi des conventions de partenariat pour des services spécifiques en cas d'inondation ? Si oui, lesquels ? (le jour de l'inondation)

NON, Rien de formel

4b. Avez-vous établi des conventions de partenariat pour des services spécifiques en cas d'inondation ? Si oui, lesquels ? (aujourd'hui)

NON, Rien de formel

5a. Avez-vous établi des mesures préventives contre les inondations ? Si oui, lesquelles ? (le jour de l'inondation)

NON

5b. Avez-vous établi des mesures préventives contre les inondations ? Si oui, lesquelles ? (aujourd'hui)

NON

6. Autres commentaires sur l'organisation

Le jour de l'inondation les services municipaux, les pompiers et la police étaient sur place dans le musée.

B. Scénario de l'inondation vécue

Dans cette section, les questions se focalisent sur l'inondation que vous avez subie. Vos réponses contribueront à établir une classification des différents types d'inondations. Comme précédemment, vous aurez la possibilité à chaque fin de partie de rajouter toutes informations complémentaires jugées pertinentes.

Si vous jugez opportun de compléter et référencer votre discours avec des documents, des photos et des images, vous pouvez nous les faire parvenir à l'adresse suivante : le.quinte.valland@gmail.com

B.1) Le contexte situationnel

B.1.1) La date

1. A quelle date l'inondation est-elle survenue ? (heure/jour/mois/ année)

2. Particularité de cette date ? (férié, ouvrable, ouvré, ...)

L'événement c'est produit pendant les heures d'ouverture au public qui a été évacué.

3. L'événement s'est il produit pendant les heures d'ouverture au public ?

- Oui
 Non

B.1.2) Le musée

1. Quelle était l'affluence du public ?

Peu d'affluence

2. Ce jour-là, était-il particulier pour le musée (travaux, exposition, sous-effectif, grève, journée portes ouvertes, réception d'oeuvres, ...)

Rien de particulier

3. Autres commentaires sur les caractéristiques du musée à cette date

Remarques concernant la date :
Jour : souvenir peu précis mais jour ouvré et après-midi
Mois : Automne / Hivers
Année : hésitations entre 1994 et 2003 (oublie...). En 1994 c'est Janvier, en 2003 c'est décembre

B.1.3) La ville

1. Les environs du musée étaient-ils en travaux ce jour-là ?

NON

2. Les environs du musée accueillait-ils un événement particulier ce jour-là ? (fête, manifestation, ...)

NON

3. Les services publics (pompiers, police, ...) étaient-ils particulièrement sollicités ce jour-là ?

NON

4. Autres commentaires sur les caractéristiques de la ville

Une partie de la ville était déjà inondée ce jour là (La Roquette), mais aucune information précise.

B.1.4) Les réseaux

Les réseaux dont il est question sont les réseaux d'électricité, de gaz, d'eau, téléphonique et informatique.

1a. Avant l'inondation du musée, tout ou partie de l'ensemble des réseaux était-il disponible ? Préciser lesquels étaient indisponibles et les raisons (si connues) ?

Avant l'inondation du musée, tout fonctionnait

1b. Au cours (et après) de l'inondation du musée, tout ou partie de l'ensemble des réseaux était-il disponible ? Préciser lesquels étaient indisponibles et les raisons (si connues) ?

Coupure volontaire

1c. Au cours (ou après) l'inondation, avez-vous décidé de couper volontairement tout ou partie de l'ensemble de ces réseaux ? Si oui, quelles ont été les raisons ?

Au cours de l'inondation, coupure volontaire du courant électrique

2. Dans le cas où l'inondation a provoqué une interruption du réseau électrique, quelle en a été l'ampleur et à quel moment de l'inondation s'est-elle produite ?

3. Dans le cas où l'inondation a provoqué une interruption du réseau d'eau, quelle en a été l'ampleur et à quel moment de l'inondation s'est-elle produite ?

4. Dans le cas où l'inondation a provoqué une interruption du réseau de gaz, quelle en a été l'ampleur et à quel moment de l'inondation s'est-elle produite ?

5. Dans le cas où l'inondation a provoqué une interruption du réseau téléphonique, quelle en a été l'ampleur et à quel moment de l'inondation s'est-elle produite ?

6. Dans le cas où l'inondation a provoqué une interruption du réseau informatique, quelle en a été l'ampleur et à quel moment de l'inondation s'est-elle produite ?

Pas de réseau informatique à la date de l'inondation

7. Autres commentaires sur la disponibilité des réseaux

Les questions 2, 3, 4, 5, 6 sont postérieures à l'entretien.

B.2) Description de l'inondation

1. Quelle était la source de l'inondation ? (canalisation, épisode cévenol...) Détaillez

Retour via le pluvial suite à la montée (crue) du Rhône

2. Quelle a été la hauteur d'eau constatée dans l'enceinte du musée ?

de 60 à 80 cm

3. Combien de temps s'est-il écoulé entre le début et la fin de l'inondation dans le musée (durée de l'inondation) ?

2 jours dans la cour de B1 et tout le RdC de B1 sauf les toilettes (surélevées) B2 non inondé (surélevé de 1,2m par rapport à B1)

4. Quelle a été la vitesse de la montée des eaux ?

Très rapide, quelques heures pour passer de 0 à 60 (80) cm avec pompage en parallèle.

5. Quelle a été la surface inondée dans le musée et sa localisation (plans) ?

La cour de B1 et tout le RdC de B1 sauf les toilettes (surélevées)
Soit approximativement 975 m² selon notre estimation
B2 non inondé (surélevé de 1,2m par rapport à B1)

6. Décrivez l'enchaînement des événements avec des indications temporelles ou chronologiques

Enchaînement des événements :

- Signalement du début de l'inondation en début d'AM (vers 14h)
- Préparation des sacs de sable pour circonscrire la zone
- Évacuation des œuvres du RdC (salle n°13) avec

mobilisation de tout le personnel (durée de l'évacuation 30 à 40 mn)

- La directrice prévient les services municipaux et les supérieurs hiérarchiques (DGS, Direction du Patrimoine)
- Les pompiers arrivent vers 15/16 h
- Regarder les pompiers

Événements marquants (mal situés chronologiquement) :
Les madriers qui servaient à boucher la descente d'escalier vers le ssol après l'accueil se mettent à flotter et dégagent un trou béant.

Mise en place de barrières pour circonscrire la zone dangereuse (trou béant)

Des meubles flottent dans les salles 2, 4 et 5 au RdC mais ce ne sont pas des œuvres (débarat).

7. Autres commentaires sur la description de l'inondation

C. Traitement de l'inondation et de ses conséquences

Dans cette section, les questions se focalisent sur la façon dont vous avez répondu à la situation d'inondation. Comme précédemment, vous aurez la possibilité à chaque fin de partie de rajouter toutes informations complémentaires qui vous semblent pertinentes.

Si vous jugez opportun de compléter et référencer votre discours avec des documents, des photos et des images, vous pouvez nous les faire parvenir à l'adresse suivante :

le.quinte.valland@gmail.com

Dans le cas où vous disposez d'un PSBC, avez-vous pu le mettre en oeuvre en tout ou partie (préciser) ?

C.1) L'alerte

1. Avez-vous été averti du risque d'inondation ? Si oui, quand, par qui, combien de temps avant l'arrivée de l'eau et comment ?

2. Avez-vous reçu un signal d'alerte officielle ? Si oui, de la part de quelle institution ?

NON

3. Combien de temps s'était-il écoulé entre l'alerte et vos premières actions ?

Pas d'alerte

4. De votre point de vue, combien de temps s'était-il écoulé entre l'occurrence du phénomène source de l'inondation et la réception de l'alerte ?

Pas d'alerte

5. Quelles mesures avez-vous prises à la réception de l'alerte ?

Pas d'alerte

6. Autres commentaires sur l'alerte

C.2) Les opérations de lutte contre l'inondation

1. Avez-vous entrepris, seul des opérations de lutte contre l'inondation ? Si oui, lesquelles et avec quels moyens ?

OUI. 2 sacs de sable pour circonscrire l'inondation. Aucune efficacité : déliquescence des 2 sacs.
Rien pour les œuvres.

2. Avez-vous reçu le soutien de services extérieurs (pompiers, municipalité, gendarmerie, ...) ?

OUI, les Pompiers, les services municipaux et la police.

3. Quelles opérations ces services extérieurs ont-ils mis en oeuvre ?

Opération d'évacuation de l'eau du RdC.

4. Des équipements spécifiques ont-ils été mis en oeuvre pour faciliter l'évacuation de l'eau (pompe, ...) et par qui ?

des pompes

C.3) Les opérations de sauvegarde

C.3.1) Les opérations d'évacuation préventive

1. Avez-vous mis en oeuvre des mesures d'évacuation préventive ?

NON car aucune alerte avant l'inondation du musée.

2. Décrire le processus décisionnel qui vous a amené à une t'elle décision

sans objet

3. Enumérer les mesures d'évacuation préventive que vous avez décidé de mettre en oeuvre

sans objet

4. Décrire leur processus de mise en oeuvre : ressources humaines, matérielles et logistiques nécessaires, durée, efficacité...

sans objet

C.3.2) Les opérations de protection du musée

1. Avez-vous mis en oeuvre des mesures de protections du musée ?

OUI

2. Décrire le processus décisionnel qui vous a amené à une t'elle décision

Pas de processus décisionnel. Simple réaction réflexe.

3. Enumérer les mesures de protections du musée que vous avez décidé de mettre en oeuvre

Les 2 sacs de sable complètement inefficaces pour circonscrire l'inondation

4. Décrire leur processus de mise en oeuvre : ressources humaines, matérielles et logistiques nécessaires, durée, efficacité...

C.3.3) Opérations de sauvetage du musée

1. Avez-vous mis en oeuvre des mesures de sauvetage du musée ?

OUI

2. Décrire le processus décisionnel qui vous a amené à une t'elle décision

La directrice a décidé de l'évacuation de la salle 13 sur rapport d'observation des techniciens.

3. Enumérer les mesures de sauvetage du musée que vous avez décidé de mettre en oeuvre

Évacuation de la salle 13.

4. Décrire leur processus de mise en oeuvre : ressources humaines, matérielles et logistiques nécessaires, durée, efficacité...

Tout le staff du musée. Tout à la main avec des dévisseuses.
En passant par l'escalier. Tout à été entassé au premier étage.
Durée : 30 à 40 mn.

C.3.4) Les opérations de transport

1. Avez-vous mis en oeuvre des mesures de transports du musée ?

NON au sens d'usage de véhicules
OUI (déplacement), au sens de C.3.3

2. Décrire le processus décisionnel qui vous a amené à une t'elle décision

Pas de Transport

3. Enumérer les mesures de transports du musée que vous avez décidé de mettre en oeuvre

Pas de Transport

4. Décrire leur processus de mise en oeuvre : ressources humaines, matérielles et logistiques nécessaires, durée, efficacité...

Pas de Transport

C.3.5) Les opérations d'entreposage

1. Avez-vous mis en oeuvre des mesures d'entreposage du musée ?

OUI

2. Décrire le processus décisionnel qui vous a amené à une t'elle décision

Voir opérations de sauvetage

3. Enumérer les mesures d'entreposage du musée que vous avez décidé de mettre en oeuvre

Tout entassé ...

4. Décrire leur processus de mise en oeuvre : ressources humaines, matérielles et logistiques nécessaires, durée, efficacité...

Tout le staff du musée. Tout au sol, sur une bâche en plastique.

C.3.6) Les premières mesures de conservation préventive ou curative (stabilisation)

1. Avez-vous mis en oeuvre des mesures de conservation préventive ou curative ?

NON

2. Décrire le processus décisionnel qui vous a amené à une t'elle décision

Sans objet

3. Enumérer les mesures de conservation préventive ou curative que vous avez décidé de mettre en oeuvre

Sans objet

4. Décrire leur processus de mise en oeuvre : ressources humaines, matérielles et logistiques nécessaires, durée, efficacité...

Sans objet

C.3.7) Mesures de restauration

1. Avez-vous mis en oeuvre des mesures de restauration ?

Aucune

2. Décrire le processus décisionnel qui vous a amené à une t'elle décision

Sans objet

3. Enumérer les mesures de restauration que vous avez décidé de mettre en oeuvre

Sans objet

4. Décrire leur processus de mise en oeuvre : ressources humaines, matérielles et logistiques nécessaires, durée, efficacité...

Sans objet

C.3.8) Ampleur des dommages (par type de dommage)

Salle 13 : Enduit + peinture

Autres commentaires sur les opérations de sauvegarde

D. Nettoyage et remise en service du musée

Si vous jugez opportun de compléter et référencer votre discours avec des documents, des photos et des images, vous pouvez nous les faire parvenir à l'adresse suivante :

le.quinte.valland@gmail.com

1. Quels étaient les types de déchets présents dans le musée à l'issue de l'inondation ? (eau, boue, branchage, ...)

Essentiellement de la boue.

2. Quelles opérations de nettoyage avez-vous effectué par type de déchets ?

Nettoyage de type ménager.

3. Des travaux de rénovations du musée ont-ils été nécessaires ? Si oui, lesquels ?

Réfection des mûrs de la salle 13 et des cimaises

4. Combien de temps ont duré les opérations de nettoyage de musée ?

2 Jours

5. Combien de temps ont duré les opérations de rénovation du musée et des oeuvres ?

Rénovation : 1 mois (salle 13).

6. Avez-vous entrepris des améliorations dans votre musée ? Si oui, lesquels et combien de temps ont-elles duré ?

Oui, mais pas forcément liées à l'inondation

7. Après la rénovation du musée, combien de temps a-t-il été nécessaire avant sa réouverture au public ?

Voir question suivante

8. Combien de temps le musée est-il resté fermé au public (entre le jour de l'inondation et sa réouverture au public) ?

Le musée a pu rouvrir au public après 3 jours, en neutralisant la salle 13 au cours de sa rénovation.

9. Quelles ont été les pertes administratives causées par l'inondation ? (pertes de données, archives, ...)

Aucune

10. Les services ont-ils été déplacés ?

NON

11. Dans le cas de pertes de données informatiques ont-elles été récupérées ?

Sans objet

12. Quel a été le montant des dommages et comment ont-ils été évalués ? (bâtiment, oeuvre, personne)

300 € + 1 mois de main d'oeuvre de la part du service technique.

13. Quel a été le montant de la couverture assuranciel et comment a-t-elle été évalués ? (bâtiment, oeuvre, personne)

Ne sait pas

14. Comment avez-vous perçu le soutien de vos assurances dans ce sinistre ?

Ne sait pas

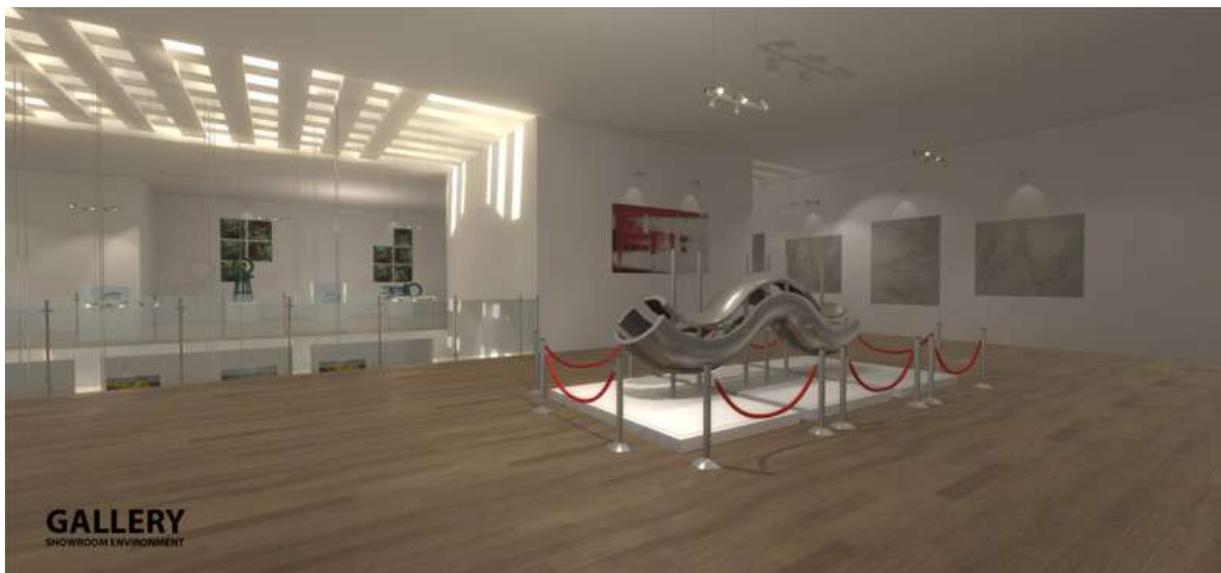
Contactez-nous

Si vous aviez d'autres éléments à ajouter, à nous faire parvenir ou nous contacter pour toutes autres questions, vous pourrez nous joindre à l'adresse mail suivante :
le.quinte.valland@gmail.com

[Create your own Google Form](#)

Annexe 3

Les Photos du Musée Initial





Annexe 4

Code HTML d’intégration de l’application Unity sur les pages web

<https://prtmri.000webhostapp.com/index.html>

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en-us">
  <head>
    <meta charset="utf-8">
    <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8">
    <title>Unity WebGL Player | MRI_tutoCamera</title>
    <link rel="shortcut icon" href="TemplateData/favicon.ico">
    <link rel="stylesheet" href="TemplateData/style.css">
    <script src="TemplateData/UnityProgress.js"></script>
    <script src="Build/UnityLoader.js"></script>
    <script>
      var gameInstance = UnityLoader.instantiate("gameContainer", "Build/PRT.json", {onProgress: UnityProgress});
    </script>
  </head>
  <body>
    <div class="webgl-content">
      <div id="gameContainer" style="width: 960px; height: 600px"></div>
      <div class="footer">
        <div class="webgl-logo"></div>
        <div class="fullscreen" onclick="gameInstance.SetFullscreen(1)"></div>
        <div class="title">MRI_tutoCamera</div>
      </div>
    </div>
  </body>
</html>
```