

ÉLABORATION DE SCHÉMAS DIRECTEURS DE MAINTENANCE DE PARCS D'OUVRAGES PORTUAIRES BASÉS SUR UNE GESTION PAR LES RISQUES

Jérôme BOÉRO, Yvan BILLARD, Bruno CAPRA, Marc LASNE
OXAND S.A.

1. INTRODUCTION

La gestion des infrastructures dans les pays industrialisés est aujourd'hui à une période charnière. Jusqu'à présent, la majorité des efforts se sont concentrés sur le développement de nouvelles infrastructures pour une société en pleine croissance. Aujourd'hui, sous de fortes pressions économiques, la durée d'exploitation des ouvrages de génie civil est souvent prolongée, dans des conditions de service qui peuvent parfois s'avérer plus sévères que celles prévues à la conception. Les gestionnaires d'ouvrages portuaires sont confrontés à cette problématique, tout en continuant à voir l'étendue de leur patrimoine augmenter. En effet, pour faire face à une compétitivité accrue, de nombreux ports dans le monde se lancent actuellement dans de nouveaux aménagements afin de pouvoir articuler leur croissance autour des grands courants d'échange de marchandises, mais aussi s'adapter aux nouvelles échelles du transport maritime.

Dans un contexte où les actifs vieillissent, les coûts de maintenance augmentent, et vont continuer à augmenter, de manière de plus en plus conséquente. Il est donc essentiel d'optimiser les moyens disponibles en les affectant là où leur efficacité sera la plus grande. Aujourd'hui, les décisions de maintenance sont prises sans vision globale des risques associés aux ouvrages. Par conséquent, elles donnent lieu à des échanges souvent longs et difficiles entre responsables dont les priorités sont différentes en fonction des enjeux qu'ils portent : techniques, stratégiques, financiers, etc. De plus, les actions de maintenance sont le plus souvent curatives (en réponse à des événements non prévus) et, plus rarement, préventives (anticipation d'événements prévisibles au regard du retour d'expérience). Ces décisions sont généralement pilotées par de fortes contraintes budgétaires, d'exploitation et de sécurité. Dans le cadre de leurs pratiques habituelles, les gestionnaires prennent donc deux risques majeurs : perdre le contrôle de leurs coûts directs de maintenance, s'ils s'imposent un niveau de sécurité et de disponibilité trop élevé ; à l'inverse, perdre le contrôle de la sécurité et de leurs coûts d'indisponibilité, s'ils s'imposent un niveau de maintenance insuffisant.

Pour aider les gestionnaires à pérenniser leurs processus de décisions, une méthodologie originale de gestion par les risques est proposée dans cet article afin d'élaborer des schémas directeurs de maintenance des infrastructures en tenant compte de leur niveau de performance à la fois technique et stratégique.

2. PATRIMOINE PORTUAIRE ET ENJEUX ASSOCIÉS

2.1. Enjeux globaux associés aux activités portuaires

Les activités portuaires (commerce, pêche, plaisance, militaire) sont capitales pour l'économie d'une nation, mais aussi pour la défense de ses intérêts vitaux.

Les ports de commerce jouent un rôle essentiel au niveau des échanges internationaux de marchandises, non seulement pour les importations et les exportations de produits de base (pétrole brut, produits pétroliers, gaz naturel, minerais, charbon, engrais, céréales, etc.), mais aussi pour les échanges de produits manufacturés à forte valeur ajoutée (marchandises diverses conditionnées dans des conteneurs). A l'heure actuelle, les trois quarts du commerce mondial empruntent la voie maritime. Le transport maritime, en continuelle croissance, reste aujourd'hui

le mode de transport le plus économique : avec un coût de transport qui représente entre 0,3 et 1,6 % du prix final du produit. De plus, pour l'environnement et le développement durable, il reste le mode de transport le plus écologique (Cluster Maritime Français, 2006).

Les ports militaires, implantés à des endroits stratégiques, ont un rôle important pour assurer la fiabilité et la rapidité des interventions dont dépend leur réussite. A titre d'exemple, les ports militaires français et britanniques contribuent pleinement à la défense en mer des intérêts vitaux de l'Europe politique. En effet, la France et la Grande-Bretagne sont les deux seuls Etats membres de l'Union Européenne à disposer d'une marine militaire à vocation mondiale.

2.2. Rôle fonctionnel d'un port

Un port est un abri naturel, ou artificiel, pour les navires et/ou bateaux, pourvu des installations nécessaires à leur construction, entretien, réparation, démolition, stationnement, avitaillement ; mais également pour leurs opérations de transit (chargement et déchargement des marchandises, embarquement et débarquement des voyageurs).

D'un point de vue économique, un port est un établissement destiné à la réception des navires et/ou bateaux en vue d'assurer la continuité des transports entre la voie maritime ou fluviale et les voies terrestres (réseau routier ou ferroviaire). A cette fonction de jonction entre deux modes de transports, se greffe une autre fonction, qui consiste à favoriser l'implantation d'industries ou de marchés à proximité des ouvrages d'accostage. L'intérêt consiste à traiter ou transformer les matières premières importées ou exportées par la voie maritime ou fluviale, mais aussi mener des opérations commerciales, afin de faire un réel gain économique en limitant les transports terrestres (Chapon, 1975).

Pour remplir ses diverses missions, un port comporte un ensemble d'installations qui concernent les fonctions relatives aux navires ou celles relatives aux opérations à terre. La consolidation du maillon « Port » au cœur de la chaîne de transport nécessite donc l'exploitation d'installations garantissant des conditions optimales de rapidité, de sécurité, de fiabilité et de coût (cf. Figure 1).

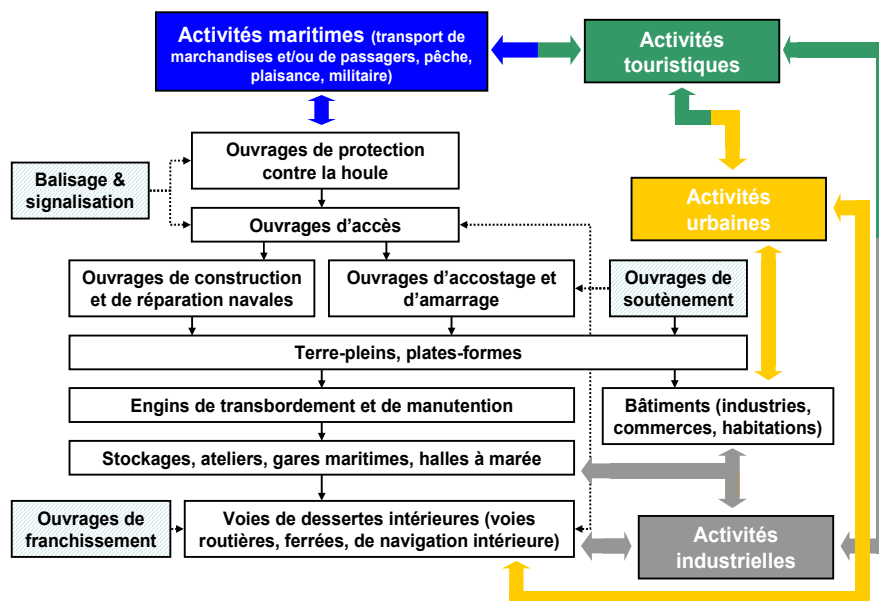


Figure 1 – Activités en interactions avec les domaines fonctionnels du système « Port » d'après Boéro et al. (2008).

Les parties du patrimoine qui contribuent au développement d'autres activités dites secondaires (industries, tourisme, urbanisme et service, etc.) en liaison ou non avec ses fonctions primaires (activités maritimes) sont également intégrées dans le système « Port ».

2.3. Décomposition fonctionnelle d'un port

Les ouvrages qui constituent un patrimoine portuaire peuvent être regroupés par domaines fonctionnels afin d'être positionnés plus facilement dans le système. Un domaine fonctionnel est un ensemble homogène d'ouvrages participant à la même fonction générale d'utilisation. L'imbrication des différents domaines fonctionnels pour constituer le système « Port », ainsi que leurs interactions avec les activités primaires et secondaires, sont

présentées sur la Figure 1. D'autres domaines fonctionnels peuvent être intégrés dans le système « Port » : les ouvrages de régulation de crues en sont un exemple

Le rôle du système « Port » ne peut être assuré que si tous les domaines fonctionnels sont performants. Par exemple, pour un port de commerce :

- le navire entrant dans le port doit pouvoir atteindre rapidement et aisément son poste d'accostage, cela l'oblige souvent à traverser divers bassins, pertuis et écluses avant d'arriver à quai ;
- la marchandise doit pouvoir être transbordée rapidement ou s'il y a lieu, stockée plus ou moins longtemps sur le port en vue de sa réexpédition et cela au moindre coût ;
- enfin, elle doit transiter, par des moyens de transport terrestres (routes, voies ferrées) et/ou des voies de navigation intérieure, du port jusqu'aux embranchements avec les réseaux de transports extérieurs (Chapon, 1975).

Plusieurs ouvrages associés à différents domaines fonctionnels sont illustrés ci-dessous (cf. Figure 2).



Digue en enrochements artificiels (Ouvrages de protection contre la houle)



Quai caissons béton armé (Ouvrages d'accostage et d'amarrage)



Pont mobile (Ouvrages de franchissement)



Forme de radoub (Ouvrages de construction et de réparation navale)

Figure 2 – Illustration de divers ouvrages portuaires.

Dans le cadre du projet GEROM (Gestion par les Risques des Ouvrages portuaires Maritimes et fluviaux), mené en partenariat entre la société OXAND et l'Institut de Recherche en génie Civil et Mécanique de Nantes, l'analyse quantitative du patrimoine portuaire français a mis en évidence des hétérogénéités en termes :

- de techniques constructives, soulignant ainsi l'inventivité des ingénieurs pour faire face aux défis des travaux maritimes, mais aussi la multiplicité et la complexité des comportements mécaniques associés aux structures ;
- d'âge, dont la partie la plus récente du patrimoine est à forts enjeux pour le développement économique local, national, voire européen.

Ce caractère hétérogène du patrimoine place les gestionnaires dans un contexte délicat pour maintenir un niveau de performance acceptable, dans lequel la gestion par les risques est bien adaptée.

3. CADRE DE RÉFÉRENCE DE LA GESTION PAR LES RISQUES

3.1. Définition du risque

Dans le langage de tous les jours, une valeur de risque élevée est attribuée intuitivement à tout événement indésirable dont la probabilité d'occurrence est grande et/ou dont les conséquences peuvent être graves. D'une manière plus précise, le risque est défini comme « la mesure de l'importance d'un danger en associant une

évaluation de la probabilité d'occurrence d'un événement indésirable à une évaluation de ses conséquences » (Villemeur, 1988).

Un danger est une situation pouvant nuire à l'homme, à la société ou à l'environnement dont les conséquences peuvent être très diverses : conséquences humaines (blessures, morts de personnes, maladies, etc.) ; conséquences environnementales (dégradation de l'environnement, destruction de la faune et de la flore, etc.) ; conséquences économiques (perte de production, coûts de maintenance, etc.).

La notion de risque est depuis longtemps présente dans les domaines de la finance, des assurances ou dans les secteurs de l'industrie spatiale, aéronautique ou nucléaire. Elle commence également à se développer dans le domaine du génie civil (Peyras et al., 2006 ; Billard et al., 2007).

3.2. Objectifs et processus de la gestion par les risques

D'une manière générale, une gestion adéquate des risques est un moyen efficace, de plus en plus utilisé dans divers domaines, pour augmenter les performances et assurer les chances d'atteinte voire de dépassement des objectifs. La gestion des risques doit ainsi permettre d'anticiper les écarts par rapport aux objectifs fixés préalablement ; de définir un plan d'actions de traitement des risques ; de mettre en œuvre ce plan et de contrôler son efficacité.

Un cadre de référence méthodologique précise les grandes étapes du processus de gestion par les risques (cf. Figure 3) :

- l'identification des risques, qui consiste, après décomposition du système en composants et identification de leurs fonctions principales, à analyser leurs modes de défaillances, leurs causes et leurs conséquences sur l'environnement extérieur du système (environnement, populations, exploitation, etc.). L'Analyse Fonctionnelle (AF), l'Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets (AMDE), l'arbre des causes, l'arbres des événements font parties des méthodes qui peuvent être employées pour mener à bien cette étape ;
- l'estimation des risques, qui consiste à associer un niveau d'intensité ou de criticité à un risque sur la base de l'estimation croisée d'une fréquence d'occurrence de l'événement associé et de sa gravité. Les méthodes peuvent être qualitatives (jugements d'experts, Analyse Préliminaire des Risques (APR), Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC)) ou quantitatives (arbre des causes, arbres des événements, analyses probabilistes, modèle de Markov, statistiques du retour d'expérience). Au préalable, il est nécessaire, après avoir identifié les enjeux associés à la réalisation des objectifs assignés au système, de structurer ces enjeux au sein de grilles de gravité, de définir les indicateurs de performance de ces enjeux et de définir les niveaux d'impacts de manière croissante au sein des grilles. Les enjeux peuvent être chiffrés (absolus ou relatif) et les niveaux de gravité peuvent être associés à une perte financière (monétarisation des risques).
- l'évaluation des risques est l'étape qui consiste à décider pour chacun des risques s'il a lieu ou non de mettre en œuvre des actions de traitement du risque. En pratique, il s'agit de comparer les niveaux de risque établis à l'étape précédente à des critères ou des seuils d'acceptabilité. Les critères de risque acceptable sont définis par le responsable ou « propriétaire » des risques, c'est-à-dire la personne ou l'organisation, qui, en cohérence avec ses objectifs stratégiques et sa politique de gestion des risques, assume la prise en charge de ces risques. Les critères de risque acceptable peuvent être établis par rapport : au niveau de criticité des risques, au degré de maîtrise des risques, à la nature des risques, etc. La notion d'acceptabilité d'un risque ne suit pas nécessairement une logique purement binaire. A cet effet, le principe ALARP (As Low As Reasonably Practicable) divise l'espace des risques en trois zones : une zone supérieure dans laquelle les risques sont dits intolérables ; une zone inférieure dans laquelle les risques sont jugés acceptables ; et enfin une zone médiane dans laquelle l'acceptabilité doit être jugée au cas par cas selon la faisabilité et l'opportunité des actions de traitement du risque ;
- le traitement des risques, étape qui consiste à trouver une solution pour maîtriser les risques jugés inacceptables.

Le processus de gestion par les risques est par nature cyclique et en interaction forte avec l'environnement extérieur. En effet, les risques doivent être actualisés en fonction des actions de réduction mises en œuvre, à l'apparition de nouveaux risques et à la modification des objectifs de l'organisation.

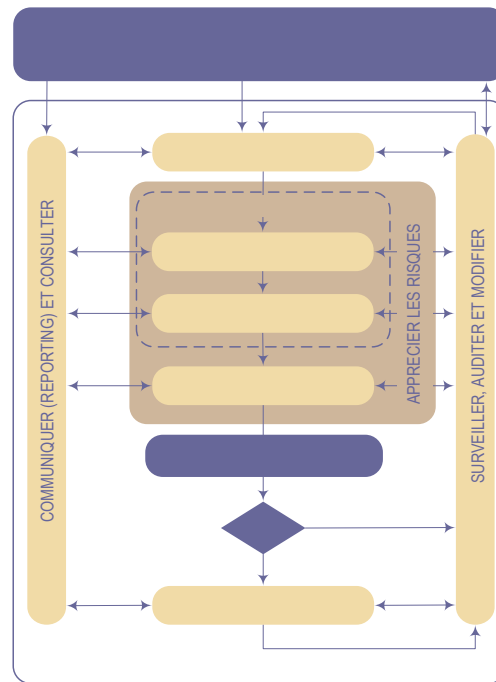


Figure 3 – Cadre de référence de la gestion des risques d'après Oxand (2008).

4. MÉTHODOLOGIE DE GESTION PAR LES RISQUES DES OUVRAGES PORTUAIRES

Avant toute chose, de nombreuses définitions de la « maintenance » existent et prêtent parfois à confusion. En effet, d'une définition à une autre, certaines actions ne sont pas considérées de la même façon : les actions de surveillance et d'entretien courant sont parfois exclues des actions de maintenance qui consisteraient uniquement à des actions lourdes de réparation ou de reconstruction. A cela s'ajoutent des besoins et un vocabulaire associé qui diffèrent entre les gestionnaires. Aussi, dans la suite de l'article, la notion de maintenance concerne l'ensemble des actions de surveillance, des actions d'entretien courant ou préventif ou des actions plus lourdes de réparation, voir de reconstruction qui consiste « à maintenir ou rétablir un système dans un état ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement, pour accomplir une fonction requise » (AFNOR, 1977).

Pour un gestionnaire d'ouvrages portuaires, comme pour tout gestionnaire d'infrastructures de génie civil, disposer d'un schéma directeur de maintenance de ses ouvrages est un enjeu capital. Par ailleurs, l'importance de cet enjeu croît avec le temps face au vieillissement des infrastructures, très souvent couplé à des restrictions budgétaires.

4.1. Objectifs attendus du schéma directeur de maintenance

L'objectif général est d'identifier et de justifier les actions de maintenance engagées comme les plus pertinentes par rapport au budget alloué. A cet effet, un schéma directeur de maintenance est élaboré en fonction des objectifs à terme que doit remplir le parc d'ouvrages étudié. Pour cela, il doit être basé sur un pronostic, à la fois de l'évolution de la performance technique des ouvrages, mais aussi des enjeux associés. Il résulte du schéma directeur, les orientations à court, moyen et long terme ; ainsi qu'une priorisation des actions de maintenance et des allocations de budget correspondantes.

Ainsi, le schéma directeur de maintenance doit remplir les principaux objectifs suivants :

- formaliser la politique de maintenance à l'aide d'un cadre méthodologique bien défini ;
- construire et disposer d'une liste d'actions de maintenance cohérente et réaliste ;
- prioriser et planifier les actions de maintenance ;
- disposer d'une vision des investissements à réaliser à court, moyen et long terme ;
- assurer une répartition de façon cohérente des budgets de maintenance ;
- dimensionner et organiser efficacement les ressources humaines disponibles ;
- offrir la vision globale de l'efficacité de la politique actuelle de maintenance ;

- disposer d'un outil actualisable d'aide à décision capable de générer les plans de maintenance.

L'approche proposée dans cet article consiste à élaborer des schémas directeurs de maintenance basés sur une gestion des risques des actifs étudiés.

Pour l'ingénieur, les avantages de cette approche sont : la formalisation des informations ; la rigueur, la rationalité et l'objectivité de la démarche ; l'identification des points sensibles des ouvrages ; la hiérarchisation des actions de maintenance selon des critères technico-économiques (prise en compte des enjeux portés par les décideurs) ; la communication des résultats (actions à entreprendre et effets si non accomplies).

Pour le décideur, les avantages sont également multiples : la vision globale des risques et des coûts de maintenance associés aux ouvrages ; la prise en compte des véritables enjeux pour l'entreprise ; la mise à disposition d'un baromètre de la performance du patrimoine comme gage de qualité.

4.2. Description de la méthodologie

Compte tenu des objectifs attendus par le schéma directeur de maintenance, de la connaissance des enjeux et du rôle fonctionnel des installations portuaires, l'utilisation de la notion de risque comme critère de hiérarchisation, et par conséquence de décision, nécessite que la méthode développée à partir du référentiel précédent puisse :

- être appliquée à n'importe quel ouvrage en prenant en compte ses spécificités et soit capable de les comparer entre eux ;
- intégrer le retour d'expérience (historique des actions de maintenance, résultats d'inspection, etc.) ;
- permettre l'exploration de tous les modes de défaillance ;
- être modulable et s'ajuster à un niveau de détail suffisant par rapport aux objectifs fixés par le gestionnaire et en cohérence avec sa pratique de maintenance ;
- intégrer les différents types d'enjeux : humains, économiques, environnementaux, financiers, sociaux, politiques, etc.
- intégrer les processus de vieillissement nécessaire pour aboutir à une planification dans le temps ;
- être accessible au personnel technique et aux équipes dirigeantes ;
- aboutir facilement à une stratégie de maintenance (surveillance, entretien et réparation, etc.) ;
- aider à l'élaboration, ou à la comparaison, de plans de financement ;

L'élaboration d'un schéma directeur de maintenance d'ouvrages portuaires basé sur la méthodologie de gestion par les risques présentée repose sur les 4 grandes étapes suivantes (cf. Figure 4) :

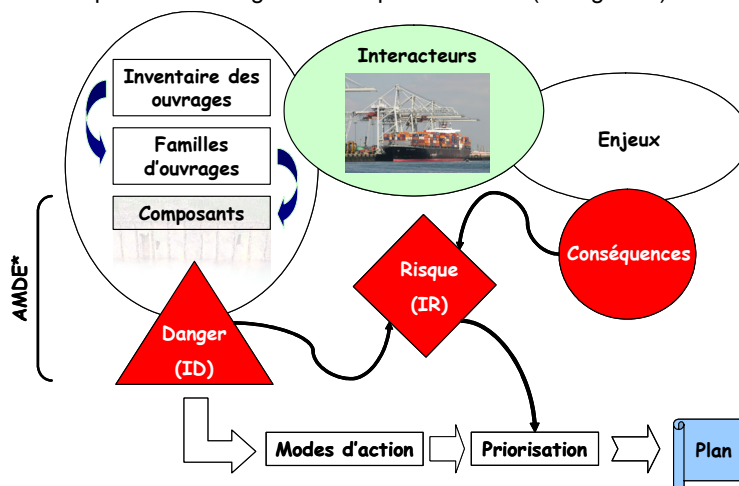


Figure 4 – Vision globale de la méthodologie de gestion par les risques proposée.

Etape 0 : Analyse préliminaire

L'étape préliminaire consiste à établir l'inventaire des ouvrages compris dans le périmètre du patrimoine étudié ; constituer les différentes familles d'ouvrages par rapport à leurs fonctions principales (cf. Figure 1), puis les différentes sous-familles par rapport à des critères purement techniques (technologies constructives, matériaux, etc.). Cette étape a également pour but de bien connaître les enjeux associés aux ouvrages, mais aussi de comprendre les objectifs fixés par les gestionnaires, comme par exemple le niveau de maintenabilité par rapport

auquel est jugé la performance des ouvrages. Pour un maître d'ouvrages face à une problématique de maintenance de ses infrastructures portuaires, les enjeux sont souvent la disponibilité requise de l'ouvrage, l'exploitation de ce dernier en toute sécurité à la fois pour les biens et les personnes, le respect de l'environnement.

Etape 1 : Analyse de risques des ouvrages

Une analyse fonctionnelle est alors menée par famille d'ouvrages afin d'identifier les composants structurels génériques, mais aussi certaines spécificités propres à un nombre limité d'ouvrages (ouvrages réparés ou renforcés par exemple). La décomposition en éléments structurels pour la sous-famille « quai constitué par un écran de soutènement en palplanches » est illustrée sur la Figure 5.

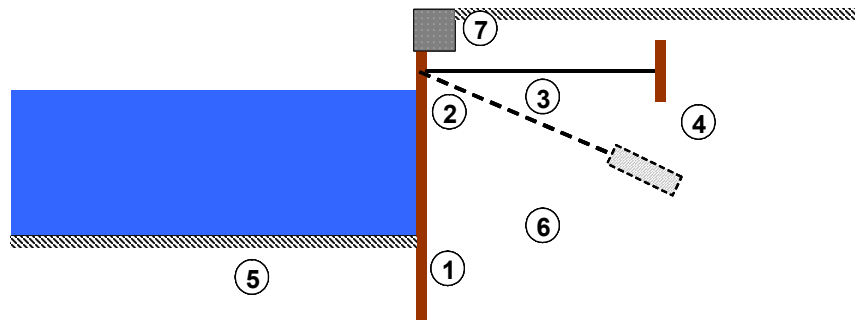


Figure 5 – Décomposition en éléments structurels d'un quai constitué par un écran de soutènement en palplanches.

Légende : 1)- Rideau principal ; 2)- Tête d'ancrage ; 3)- Tirant d'ancrage ; 4)- Corps d'ancrage ; 5)- Massif de sol avant ; 6)- Massif de sol arrière ; 7)- Poutre de couronnement.

Il s'ensuit, pour chaque famille, une identification des dangers (ou modes de défaillance) associés aux différents composants. Par exemple, pour la sous-famille « quai constitué par un écran de soutènement en palplanches », « la perte de résistance mécanique avec pour cause la corrosion de l'acier en milieu marin » est l'un des dangers possibles pour le composant « rideau principal ».

Enfin, par ouvrage et pour chaque danger identifié, un indice de danger (niveau de fréquence) et une gravité définie par enjeu (conséquences) sont affectés. Le couplage de l'indice de danger à la gravité permet d'établir un indice de risque. On obtient donc pour chaque danger, un indice de danger et un indice de risque pour chaque enjeu.

Les indices de danger (niveaux de fréquence) sont définis à partir du retour d'expérience capitalisé au sein de systèmes de notation. Ces derniers sont développés à partir d'outils de simulation, tel que le logiciel SimeoTM Consulting par exemple, pour la modélisation des processus de vieillissement des composants en béton armé (Crouigneau et al., 2008). Lorsque les phénomènes sont trop complexes à modéliser, des experts interviennent pour évaluer de manière transparente, et contradictoire, les valeurs des indices de danger.

Les deux enjeux généralement retenus lors de l'application de la méthodologie de gestion par les risques aux ouvrages portuaires sont la sécurité des biens et des personnes, ainsi que la disponibilité. La gravité vis-à-vis de l'enjeu « disponibilité » est quantifiée par un coût d'indisponibilité qui représente la perte de marchandises due au temps d'indisponibilité d'un ouvrage si un danger identifié sur celui-ci se produit.

Etape 2 : Définition des modes d'actions

La détermination des actions de maintenance est effectuée par famille d'ouvrages. Ceci consiste à élaborer des catalogues d'actions en identifiant toutes les actions possibles pour traiter chaque danger : de « aucune action » à « renouvellement », avec des indications spécifiant le coût unitaire, les délais d'intervention. Ces actions peuvent être de type curatif, préventif ou prédictif. Une action est affectée pour chaque danger, et ceci pour chaque ouvrage. Le choix d'affectation à un danger de tel ou tel type d'action est piloté par son indice de danger.

Etape 3 : Elaboration des programmes d'actions

Cette étape consiste à hiérarchiser les dangers (modes de défaillance), pour chaque enjeu, par l'intermédiaire des indices de risques (IR) calculés lors de l'étape 1 ou grâce à un indice de risque global, c'est-à-dire sans distinction des enjeux si ces derniers ont été monétarisés.

C'est à ce stade que les gestionnaires sont sensibilisés à la détermination d'un seuil de risque acceptable. Les actions à mener sur chaque ouvrage sont ensuite consolidées, en raisonnant uniquement sur les risques jugés inacceptables. Cette phase a pour objectif d'aboutir à un ensemble d'actions sur chaque ouvrage, puis par famille et à l'échelle du parc, qui soit cohérent, réaliste et qui prenne en compte les contraintes d'intervention spécifiques aux ouvrages portuaires.

Enfin, la priorisation et la planification pluriannuelle sont établies sur la base des indices de risques, en tenant compte des contraintes du gestionnaire (budgets disponibles par année, ressources humaines, etc.).

La planification pluriannuelle des actions de maintenance nécessite de tenir compte du paramètre temps dans l'analyse de risques, les indices de risques de chaque danger (mode de défaillance) sont ainsi quantifiés à plusieurs échéances différentes sur la période de service étudiée. L'évolution des indices de risques obtenus pour un danger donné, associée au seuil de risque acceptable défini lors de l'étape 3, permet d'associer une échéance limite avant laquelle l'action doit être réalisée pour ce danger.

La planification peut également reposer sur une analyse économique : différents scénarios de maintenance sont alors simulés pour identifier lesquels sont les plus efficaces en termes de coûts et de diminution du risque global.

Les résultats apportés aux gestionnaires à travers cette méthodologie sont donc :

- l'inventaire des ouvrages étudiés ;
- les analyses fonctionnelles de chaque famille d'ouvrages ;
- les cartographies des dangers et des risques de chaque ouvrage et/ou de l'ensemble du parc ;
- le classement des ouvrages suivant leur indice de risque (un classement pour chaque enjeu ou un classement unique si une règle est établie pour comparer les enjeux entre eux) ;
- les points les plus sensibles du parc d'ouvrage étudié (cartographies de synthèse) ;
- le détail de chaque action recommandée (technique, coût, délais, etc.) ;
- le classement de l'ensemble des actions de maintenance à réaliser suivant leur indice de risque associé ;
- le programme des actions à réaliser et les échéances associées (en rappelant qu'il s'agit de parades pour maîtriser des risques qui sont, ou seront, inacceptables) ;
- les masses financières à mobiliser à court, moyen et long terme.

5. CONCLUSIONS

Les personnes en charge de la maintenance des ouvrages portuaires sont pour la plupart dans une logique de maintenance curative où il s'agit de réparer des structures vieillissantes dans l'urgence avec de fortes contraintes budgétaires. La notion de hiérarchisation et de vision globale du niveau de performance des ouvrages et la planification globale des interventions sont encore trop peu utilisées. Cependant, à l'heure actuelle, la minimisation des arrêts d'exploitation, l'optimisation des budgets de maintenance et le maintien du patrimoine dans la durée sont capitaux face aux enjeux associés aux ouvrages portuaires.

Adopter une méthodologie de gestion par les risques telle que proposée dans cet article, pour l'élaboration de schémas directeurs de maintenance, permet aux gestionnaires de disposer d'éléments d'aide à la décision en vue d'une gestion optimisée des ouvrages portuaires. Cette approche, intégrée dans le logiciel SimeoTM Port, a pour finalité de formaliser la politique de maintenance dans un cadre méthodologique bien défini ; de disposer d'une vision globale des risques et donc du niveau de performance du patrimoine ; de disposer d'une vision des investissements à réaliser à court, moyen et long terme ; de dimensionner et organiser efficacement les ressources humaines.

Le domaine d'application privilégié de cette méthodologie originale de gestion par les risques pour l'élaboration de schémas directeurs de maintenance de parcs d'ouvrages portuaires est transposable à l'ensemble des infrastructures de génie civil. De plus, mis à part certaines spécificités liées au génie civil, notamment la durée de vie des ouvrages, les principes méthodologiques décrits ici restent applicables à d'autres types d'actifs industriels, mais aussi à des processus ou à des projets.

6. RÉFÉRENCES

AFNOR, 1977, CEI 191-07-01.

Billard, Y., Bernard, O., Lasne, M., Capra, B., Schoefs, F. et Boéro, J., 2007, « *Risk analysis and reliability of repaired concrete quays* », Proceeding of 10th I.C.A.S.P conference, July31-August 3 2007, Kashiwa Campus, The University of Tokyo, Tokyo, Japan, 8 pages.

Boéro, J., Schoefs, F., Capra, B., Rouxel, N., 2008, « *Risk management of French harbours structures : stakes, current practices and needs - Experience feedback of owners* », 1st International Conference Medachs (Construction Heritage in Coastal and Marine Environments. Damage, Diagnostics, Maintenance and

Rehabilitation) - Interreg IIIB Atlantic Space - Project n°197, Theme 5 : Management and maintenance, 28-30 January 2008, Lisboa, Portugal, 8 pages, actes sur CD-Rom.

Chapon, J., 1975, Travaux maritimes, Tome 2 : Les ouvrages intérieurs des ports maritimes. Dégagement des accès et plans d'eau des ports, 351 p., 3^{ème} édition, Eyrolles.

Cluster Maritime Français, 2006, Le Cluster Maritime Français, Poids économique et social de la France maritime, Brochure 2006-2007.

Crouigneau, S., Bourdon, L., Billard, Y., Person, J.L., Schoefs, F., 2008, « *Risk analysis to support operation and maintenance of an ageing dock-gate for the Port of Marseille Authority* », 1st International Conference Medachs (Construction Heritage in Coastal and Marine Environments. Damage, Diagnostics, Maintenance and Rehabilitation) - Interreg IIIB Atlantic Space - Project n°197, Theme 3 : Service life modeling and reliability, 28-30 January 2008, Lisboa, Portugal, 8 pages, actes sur CD-Rom.

Oxand, 2008, Dossier de référence sur la gestion des infrastructures par les risques, Document interne Oxand ETU/2007/116/A.

Peyras, L., Royet, P., Salmi, A., Salembier, et Boissier, D., 2006, « Étude de la sûreté de fonctionnement d'un aménagement hydraulique de génie civil. Application à des ouvrages de protection contre les inondations de la ville de Nîmes », Fiabilité des matériaux et des structures, analyse de risques, REGC civil Vol. 10 N° 5/2006, pp.615-631.

Villemeur, A., 1988, Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels, Eyrolles.