Journée technique

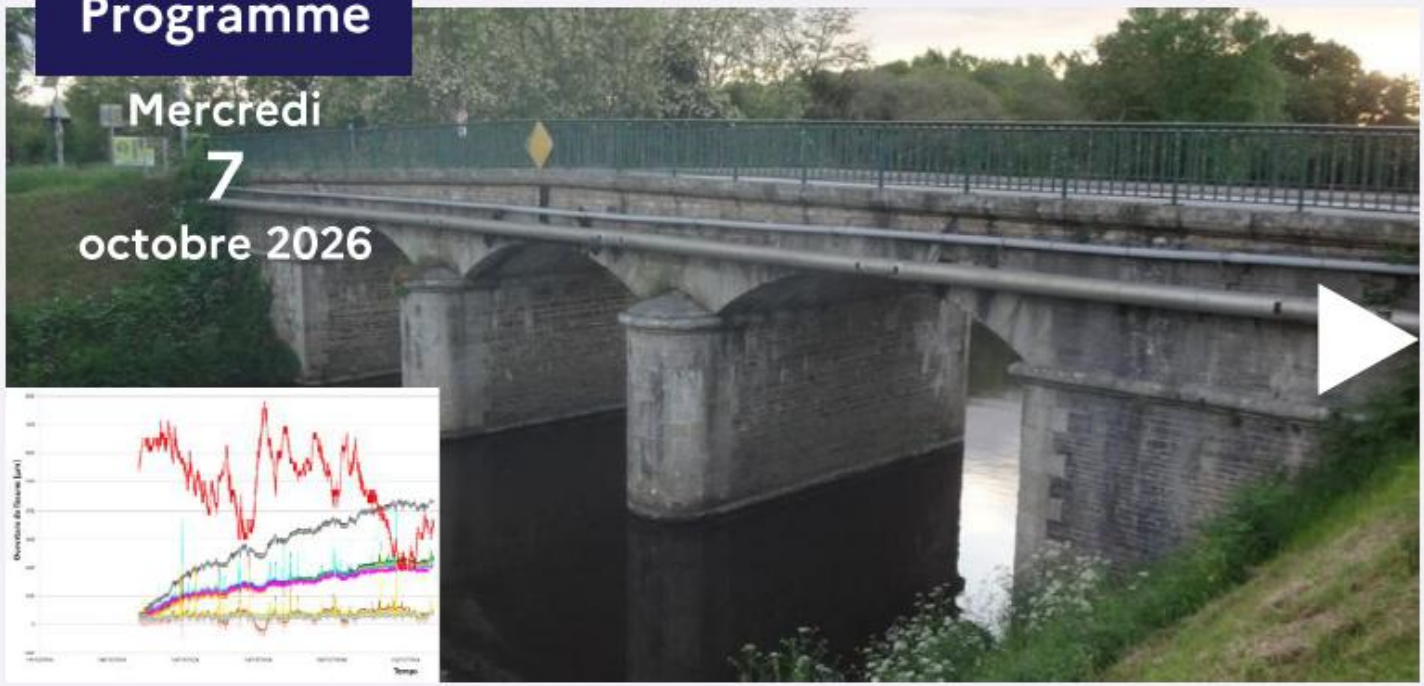
À destination des maîtres d'ouvrages et gestionnaires

Régions Bretagne, Pays de la Loire et Normandie

Instrumentation des Ouvrages d'Art

Programme

Mercredi
7
octobre 2026



Quelques mots sur les organisateurs

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

Cerema
CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

AFGC
Association Française de Génie Civil

IMGC
Ingénierie de la Maintenance du Génie Civil

INSA
INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
RENNES

CONTEXTE

Dans un contexte où le réseau d'infrastructures français est déjà largement développé, les priorités se recentrent sur la préservation des ouvrages existants. Face à l'évolution des usages, à l'augmentation des trafics, à un patrimoine vieillissant, fragilisé par le changement climatique, les gestionnaires sont confrontés à des défis complexes pour assurer la gestion et le maintien de leur patrimoine d'ouvrages d'art (terrestres, portuaires ou maritimes) indispensables pour conserver les niveaux de services attendus.

OBJECTIFS

Cette journée technique vise à partager des retours d'expérience, méthodes et solutions concrètes pour la mise en place d'une instrumentation sur un ouvrage d'art, outil important dans le cadre du suivi préventif, voire prédictif, ou d'ouvrage pathologique. A travers la présentation du guide IMGC "*Maîtrise des risques par l'instrumentation*" et des retours d'expérience de différents acteurs locaux, elle met en lumière les possibilités offertes par l'instrumentation dans des contextes variés et très opérationnels.
L'objectif est de mieux accompagner les maîtres d'ouvrages dans leurs stratégies de maintenance et de maîtrise des risques.

PROGRAMME DE LA JOURNÉE

09h30 **Accueil des participants**

Partie 1 : Généralités sur l'instrumentation

10h00 **Présentation générale du guide IMGC**
Emmanuel MAJOLI, Lucas BOURREAU - IMGC

10h30 **Aspects surveillance (ITSEOA)**
Clément COULAIS - Cerema

10h45 **Différents usages de l'instrumentation**
Emmanuel MAJOLI, Lucas BOURREAU - IMGC

11h05 **Pause**

11h25 **Matériels et mesures associées**
Willy BOUCHET - Cerema
Emilie LEPRETRE, Yannick FALAISE - UGE

11h55 **Points particuliers sur les clauses du marché d'instrumentation**
Emmanuel MAJOLI - IMGC

Partie 2 : Présentations de cas pratiques

12h10 **Protection cathodique de pieux par anodes sacrificielles**
Laurence BARRERE - Région Bretagne

12h30 **Pont de Mauves-sur-Loire - Suivi de l'ouvrage lors du confortement des appuis**
Sébastien ALLAIRE - Département de la Loire Atlantique
Marie LEBRETON, Laura RABIET – SIXENSE Monitoring

12h50 **Déjeuner**

14h20	**Murs « Jean Turc » - Surveillance par extensomètres et évaluation des seuils d'alerte** **Nicolas LE BAS** - Angers Loire métropole
14h30	**Pont de la croix rouge - Suivi ouvertures de fissures par capteurs de déplacement potentiométriques base longue et distancemètre laser** **William HUITRIC** - DIRO
14h50	**Pont Audibert - Suivi du mouvement d'une culée par inclinomètres et capteurs de déplacement** **Romain GERVAIS** - Nantes métropole
15h10	**Pause**
15h30	**Pont des Gaubourgs - Surveillance renforcée par acquisition dynamique sous trafic ambiant** **Nicolas LEBAS** - Angers Loire métropole **François BOUREAU** – Sixense Engineering
16h00	**Pont à Saint-Laurent-sur-Sèvre - Vérification du comportement mécanique par cordes optiques, fissuromètres et extensomètres** **Stéphane MORDEL & Fabrice GILBERT** - Département de la Vendée **Mahdi KHADRA / François-Baptiste CARTIAUX**– OSMOS
16h20	**Viaduc de Mayenne - Pesage en marche par cordes optiques** **Ronald CORVE** - Département de la Mayenne **Mahdi KHADRA / François-Baptiste CARTIAUX**– OSMOS
16h50	**Passerelle « Maître Ecole » - Evaluation du comportement de la voûte béton par extensomètres sur culée - Nicolas LE BAS** - Angers Loire métropole
17h00	**Visite du laboratoire - 4 groupes pour une dure de 30 à 45 minutes**

IMGC

Ingenierie de Maintenance du Génie Civil

Journée Technique – Instrumentation des Ouvrages d'Art

Partie 1 : Généralités sur l'instrumentation

Présentation générale du guide IMGC

Le 07/10/2026



Sommaire

- **Référentiel de l'ingénierie de la maintenance**
  Notice d'aide à la décision
  Clarifier l'enchaînement et le contenu des missions d'ingénierie aux différentes phases clés d'une intervention sur un patrimoine existant ou un ouvrage particulier

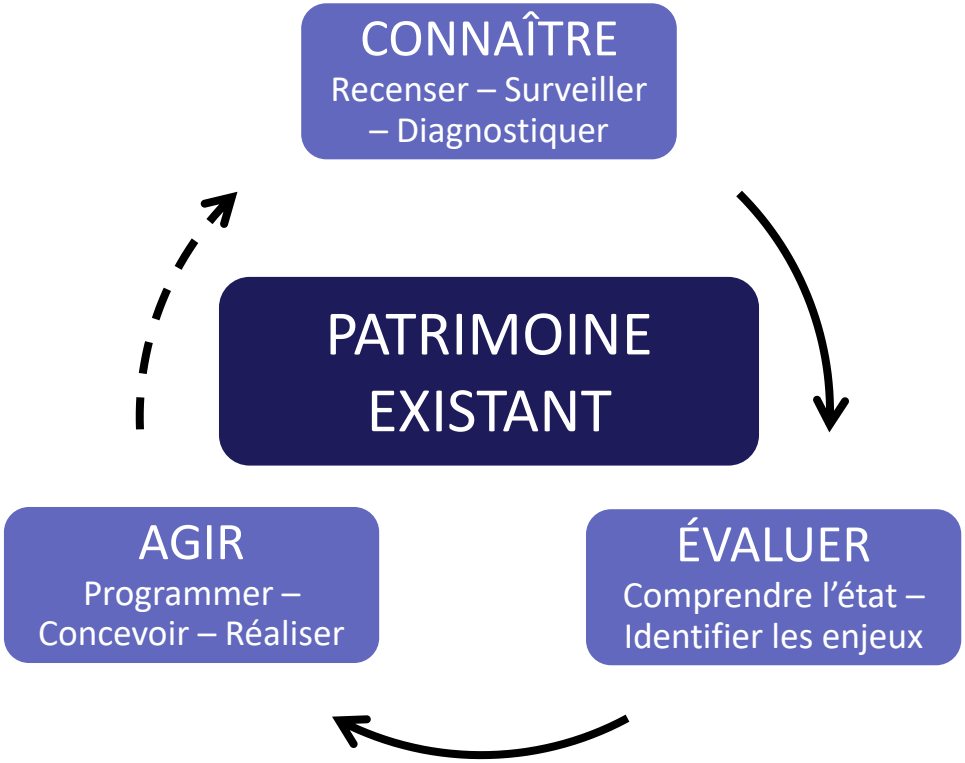
- **Maîtrise des risques par l'instrumentation**
  Guide de recommandations regroupant des bonnes pratiques professionnelles sans pour autant avoir l'ambition de définir un caractère prescriptif pour les Maîtres d'Ouvrage

Référentiel de l’ingénierie de la maintenance

Notice d’aide à la décision



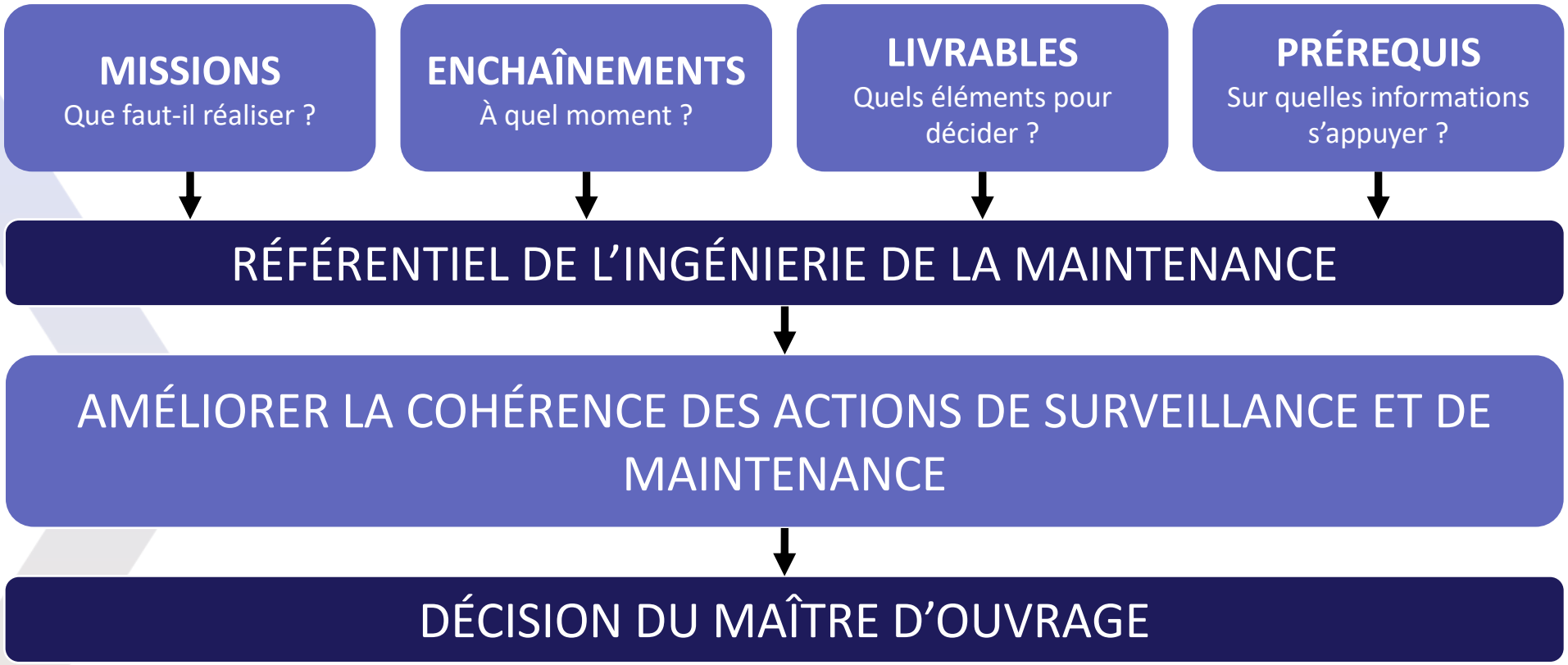
Gérer un patrimoine existant



UNE DÉMARCHE CONTINUE, AU SERVICE DE LA DÉCISION DU MAÎTRE D'OUVRAGE

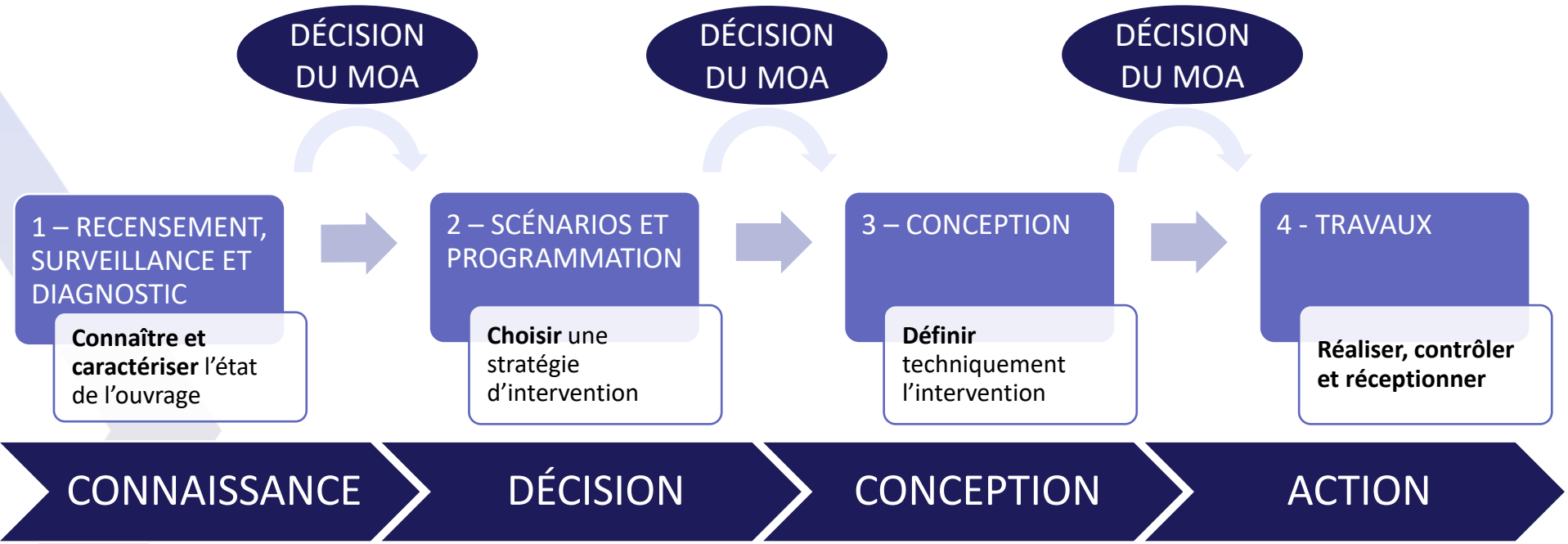
Un référentiel pour l'ingénierie de la maintenance

Clarifier la nature, les objectifs et le contenu des missions



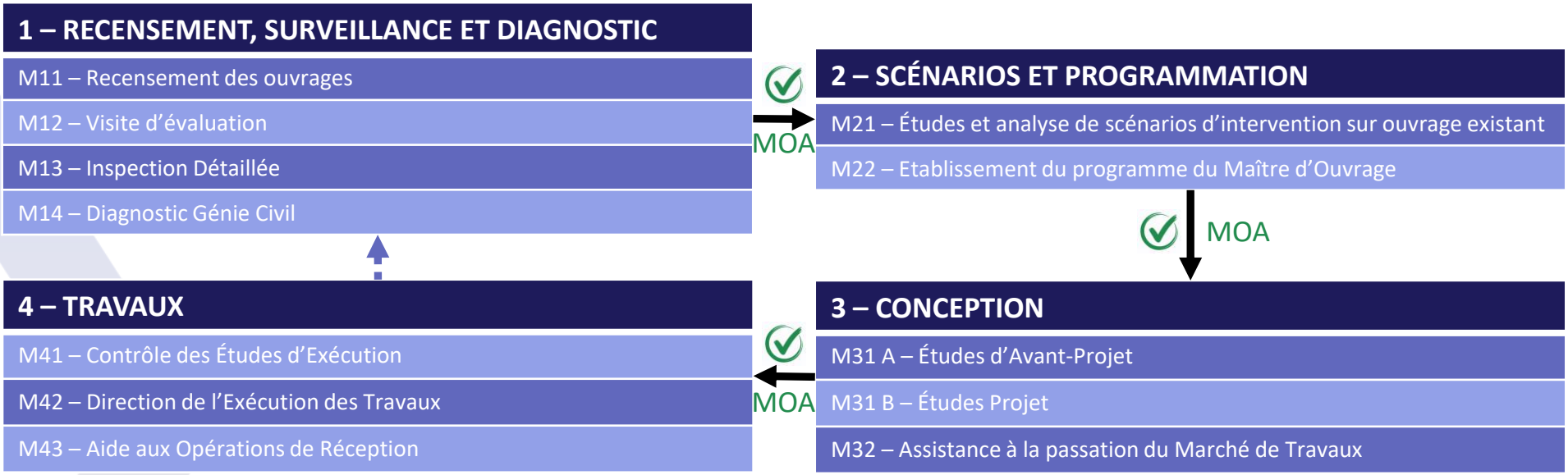
Une démarche structurée en quatre phase

Quatre phases décisionnelles



Un enchaînement de missions …

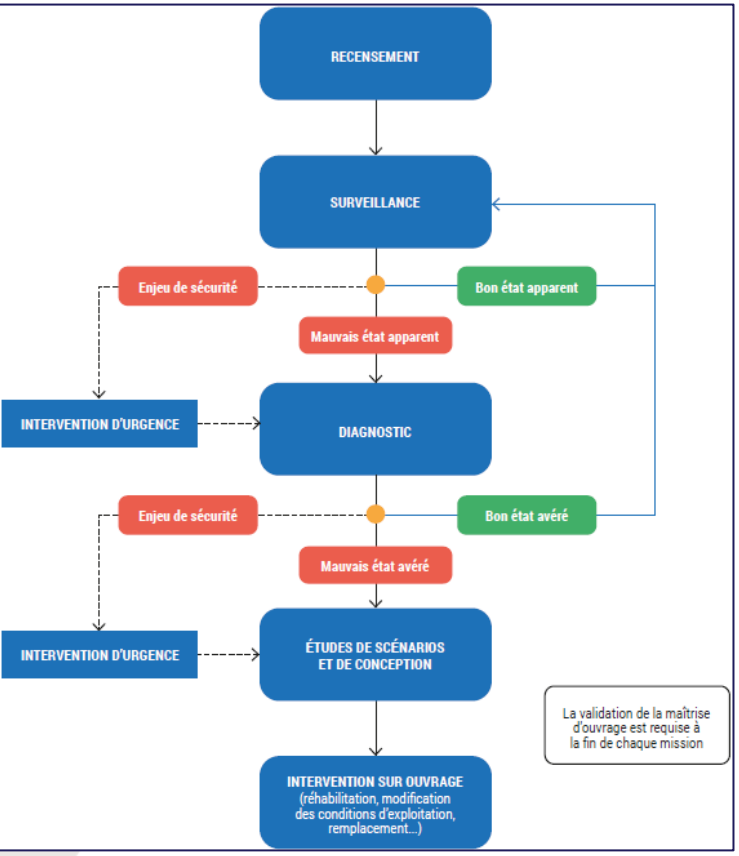
Mais pas un parcours imposé !

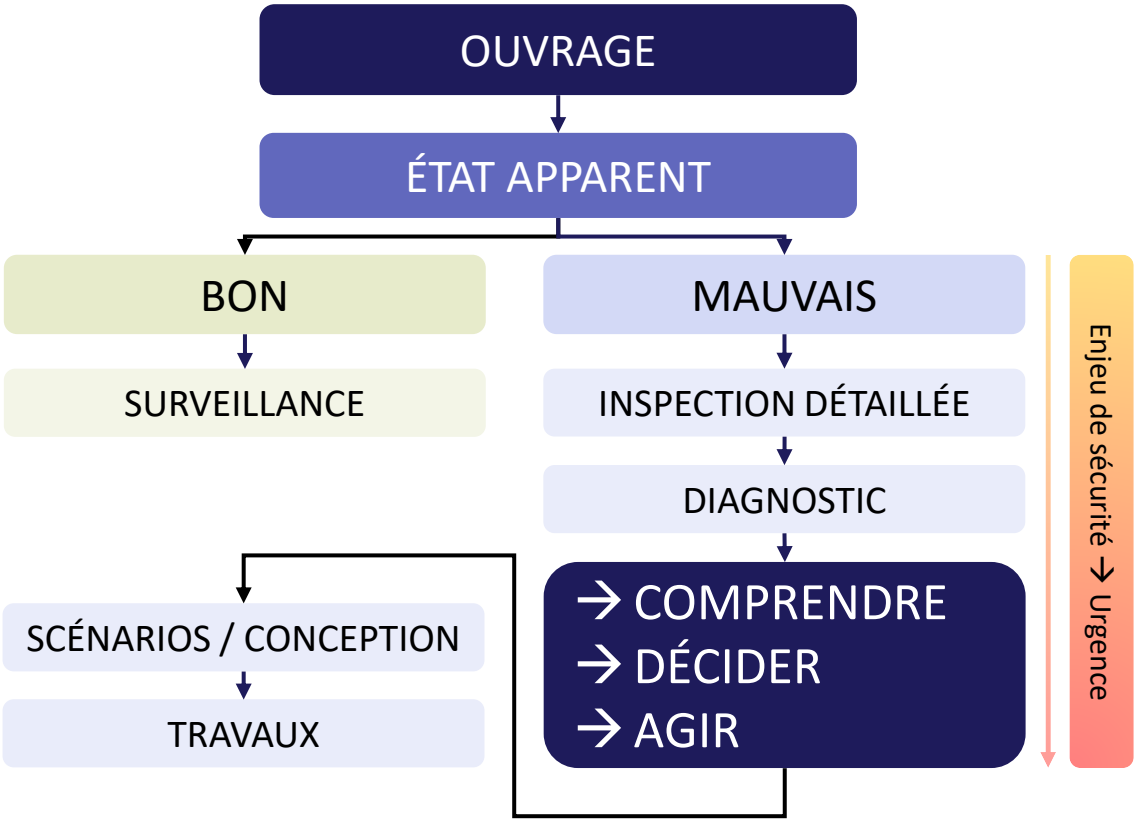


LES ENCHAÎNEMENTS SONT ADAPTÉS AU BESOIN ET AUX CONCLUSIONS OBTENUES À CHAQUE PHASE !

Adapter le niveau d'ingénierie …

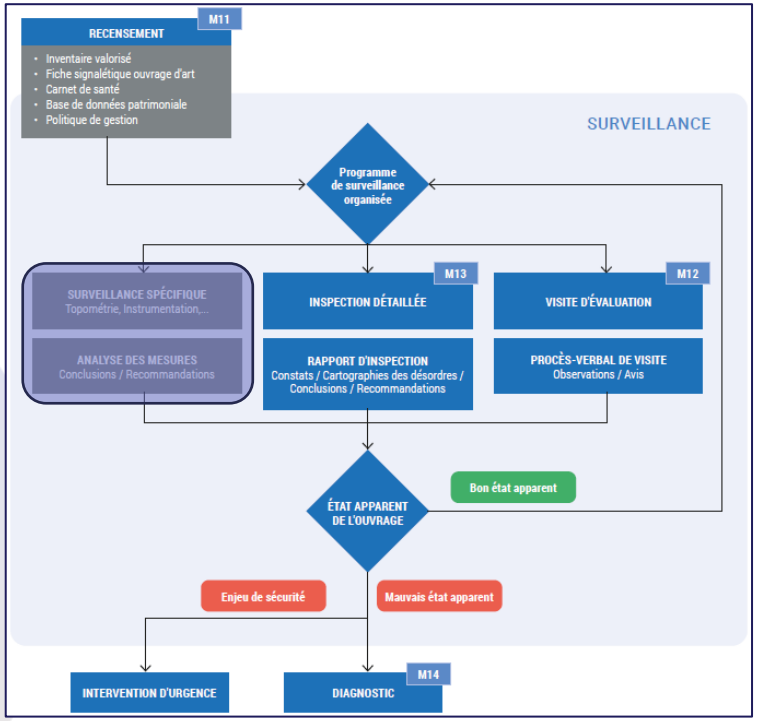
À l'état et aux enjeux

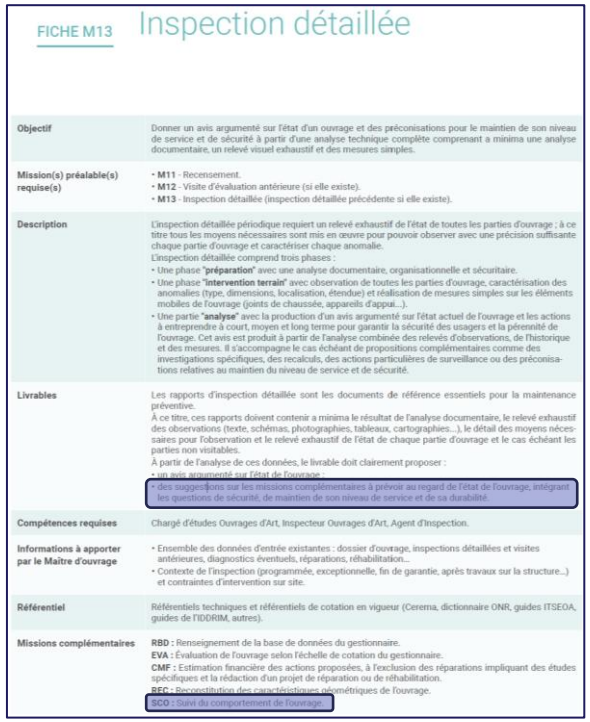




La surveillance : Observer, Mesurer, …

Puis décider



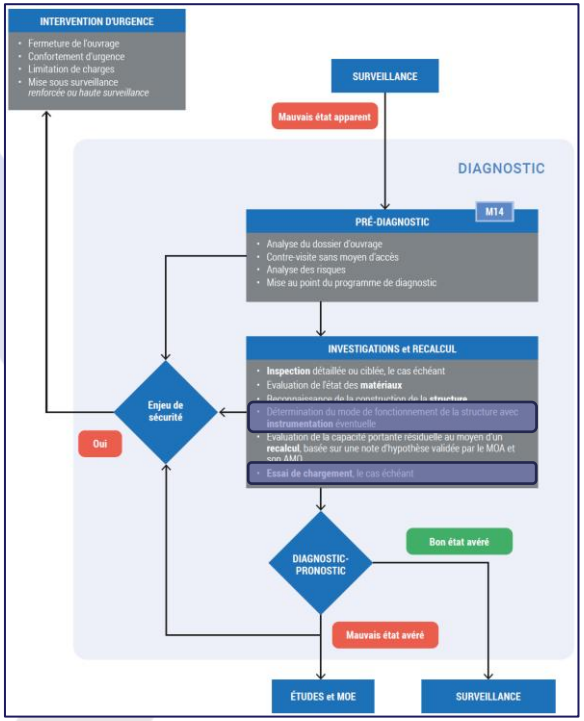


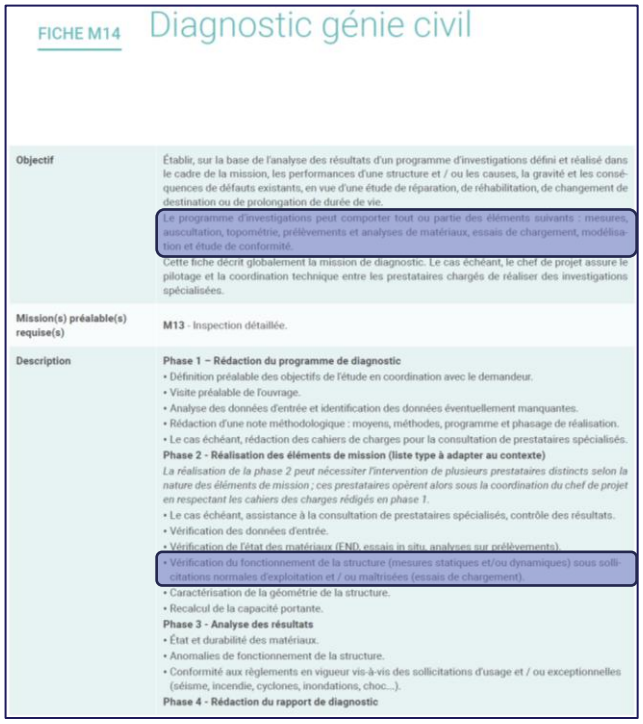
FICHE M13 Inspection détaillée

Objectif	Donner un avis argumenté sur l'état d'un ouvrage et des préconisations pour le maintien de son niveau de service et de sécurité à partir d'une analyse technique complète comprenant a minima une analyse documentaire, un relevé visuel exhaustif et des mesures simples.
Mission(s) préalable(s) requise(s)	• **M11** - Recensement. • **M12** - Visite d'évaluation antérieure (si elle existe). • **M13** - Inspection détaillée (inspection détaillée précédente si elle existe).
Description	L'inspection détaillée périodique requiert un relevé exhaustif de l'état de toutes les parties d'ouvrage ; à ce titre tous les moyens nécessaires sont mis en œuvre pour pouvoir observer avec une précision suffisante chaque partie d'ouvrage et caractériser chaque anomalie. L'inspection détaillée comprend trois phases : • Une phase "**préparation**" avec une analyse documentaire, organisationnelle et sécuritaire. • Une phase "**intervention terrain**" avec observation de toutes les parties d'ouvrage, caractérisation des anomalies (type, dimensions, localisation, étendue) et réalisation de mesures simples sur les éléments mobiles de l'ouvrage (joints de chaussée, appareils d'appui...). • Une partie "**analyse**" avec la production d'un avis argumenté sur l'état actuel de l'ouvrage et les actions à entreprendre à court, moyen et long terme pour garantir la sécurité des usagers et la pérennité de l'ouvrage. Cet avis est produit à partir de l'analyse combinée des relevés d'observations, de l'historique et des mesures. Il s'accompagne le cas échéant de propositions complémentaires comme des investigations spécifiques, des recalculs, des actions particulières de surveillance ou des préconisations relatives au maintien du niveau de service et de sécurité.
Livrables	Les rapports d'inspection détaillée sont les documents de référence essentiels pour la maintenance préventive. À ce titre, ces rapports doivent contenir a minima le résultat de l'analyse documentaire, le relevé exhaustif des observations (texte, schémas, photographies, tableaux, cartographies...), le détail des moyens nécessaires pour l'observation et le relevé exhaustif de l'état de chaque partie d'ouvrage et le cas échéant les parties non visitables. À partir de l'analyse de ces données, le livrable doit clairement proposer : • un avis argumenté sur l'état de l'ouvrage ; • des suggestions sur les missions complémentaires à prévoir au regard de l'état de l'ouvrage, intégrant les questions de sécurité, de maintien de son niveau de service et de sa durabilité.
Compétences requises	Chargé d'études Ouvrages d'Art, Inspecteur Ouvrages d'Art, Agent d'Inspection.
Informations à apporter par le Maître d'ouvrage	• Ensemble des données d'entrée existantes : dossier d'ouvrage, inspections détaillées et visites antérieures, diagnostics éventuels, réparations, réhabilitation... • Contexte de l'inspection (programmée, exceptionnelle, fin de garantie, après travaux sur la structure...) et contraintes d'intervention sur site.
Référentiel	Référentiels techniques et référentiels de cotation en vigueur (Cerema, dictionnaire ONR, guides ITSEOA, guides de l'IDDRIM, autres).
Missions complémentaires	**RBD :** Renseignement de la base de données du gestionnaire. **EVA :** Évaluation de l'ouvrage selon l'échelle de cotation du gestionnaire. **CMF :** Estimation financière des actions proposées, à l'exclusion des réparations impliquant des études spécifiques et la rédaction d'un projet de réparation ou de réhabilitation. **REC :** Reconstitution des caractéristiques géométriques de l'ouvrage. **SCO :** Suivi du comportement de l'ouvrage.

LA MESURE CONTRIBUE À LA DÉCISION !

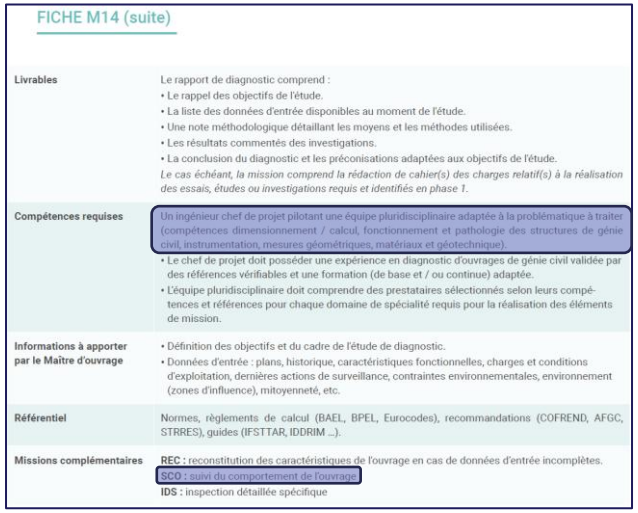
Le diagnostic : Lever les incertitudes





FICHE M14 — Diagnostic génie civil

Objectif	Établir, sur la base de l'analyse des résultats d'un programme d'investigations défini et réalisé dans le cadre de la mission, les performances d'une structure et / ou les causes, la gravité et les conséquences de défauts existants, en vue d'une étude de réparation, de réhabilitation, de changement de destination ou de prolongation de durée de vie. Le programme d'investigations peut comporter tout ou partie des éléments suivants : mesures, auscultation, topométrie, prélèvements et analyses de matériaux, essais de chargement, modélisation et étude de conformité. Cette fiche décrit globalement la mission de diagnostic. Le cas échéant, le chef de projet assure le pilotage et la coordination technique entre les prestataires chargés de réaliser des investigations spécialisées.
Mission(s) préalable(s) requise(s)	**M13** - Inspection détaillée.
Description	**Phase 1 – Rédaction du programme de diagnostic** • Définition préalable des objectifs de l'étude en coordination avec le demandeur. • Visite préalable de l'ouvrage. • Analyse des données d'entrée et identification des données éventuellement manquantes. • Rédaction d'une note méthodologique : moyens, méthodes, programme et phasage de réalisation. • Le cas échéant, rédaction des cahiers de charges pour la consultation de prestataires spécialisés. **Phase 2 - Réalisation des éléments de mission (liste type à adapter au contexte)** *La réalisation de la phase 2 peut nécessiter l'intervention de plusieurs prestataires distincts selon la nature des éléments de mission ; ces prestataires opèrent alors sous la coordination du chef de projet en respectant les cahiers des charges rédigés en phase 1.* • Le cas échéant, assistance à la consultation de prestataires spécialisés, contrôle des résultats. • Vérification des données d'entrée. • Vérification de l'état des matériaux (END, essais in situ, analyses sur prélèvements). • Vérification du fonctionnement de la structure (mesures statiques et/ou dynamiques) sous sollicitations normales d'exploitation et / ou maîtrisées (essais de chargement). • Caractérisation de la géométrie de la structure. • Recalcul de la capacité portante. **Phase 3 - Analyse des résultats** • État et durabilité des matériaux. • Anomalies de fonctionnement de la structure. • Conformité aux règlements en vigueur vis-à-vis des sollicitations d'usage et / ou exceptionnelles (séisme, incendie, cyclones, inondations, choc...). **Phase 4 - Rédaction du rapport de diagnostic**

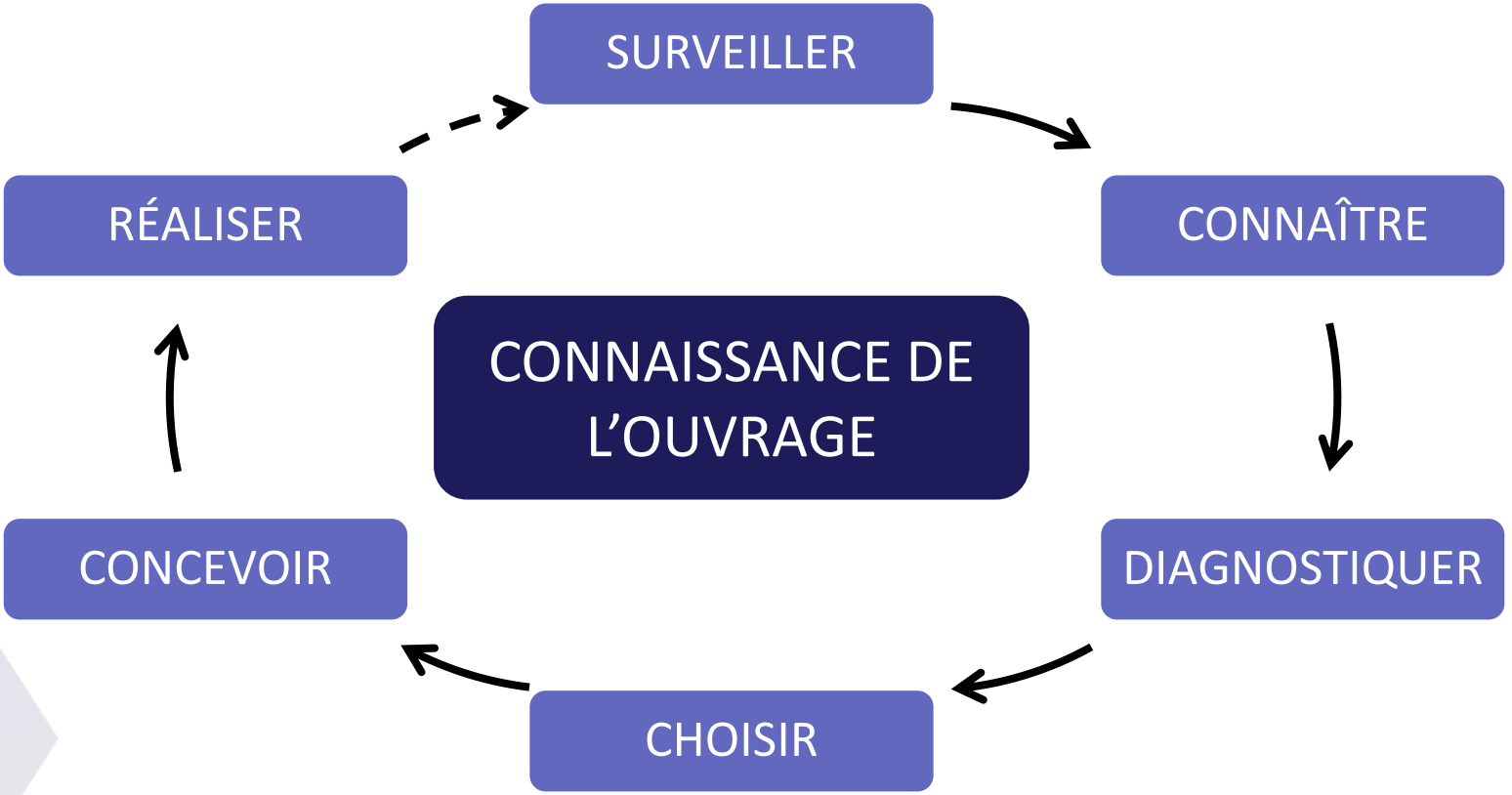


FICHE M14 (suite)

Livrables	Le rapport de diagnostic comprend : • Le rappel des objectifs de l'étude. • La liste des données d'entrée disponibles au moment de l'étude. • Une note méthodologique détaillant les moyens et les méthodes utilisées. • Les résultats commentés des investigations. • La conclusion du diagnostic et les préconisations adaptées aux objectifs de l'étude. *Le cas échéant, la mission comprend la rédaction de cahier(s) des charges relatif(s) à la réalisation des essais, études ou investigations requis et identifiés en phase 1.*
Compétences requises	Un ingénieur chef de projet pilotant une équipe pluridisciplinaire adaptée à la problématique à traiter (compétences dimensionnement / calcul, fonctionnement et pathologie des structures de génie civil, instrumentation, mesures géométriques, matériaux et géotechnique). • Le chef de projet doit posséder une expérience en diagnostic d'ouvrages de génie civil validée par des références vérifiables et une formation (de base et / ou continue) adaptée. • L'équipe pluridisciplinaire doit comprendre des prestataires sélectionnés selon leurs compétences et références pour chaque domaine de spécialité requis pour la réalisation des éléments de mission.
Informations à apporter par le Maître d'ouvrage	• Définition des objectifs et du cadre de l'étude de diagnostic. • Données d'entrée : plans, historique, caractéristiques fonctionnelles, charges et conditions d'exploitation, dernières actions de surveillance, contraintes environnementales, environnement (zones d'influence), mitoyenneté, etc.
Référentiel	Normes, règlements de calcul (BAEL, BPEL, Eurocodes), recommandations (COFREND, AFGC, STRRES), guides (IFSTTAR, IDDRIM ...).
Missions complémentaires	**REC :** reconstitution des caractéristiques de l'ouvrage en cas de données d'entrée incomplètes. **SCO :** suivi du comportement de l'ouvrage **IDS :** inspection détaillée spécifique

LA MESURE PEUT COMPLÉTER LE DIAGNOSTIC !

De la donnée à la décision

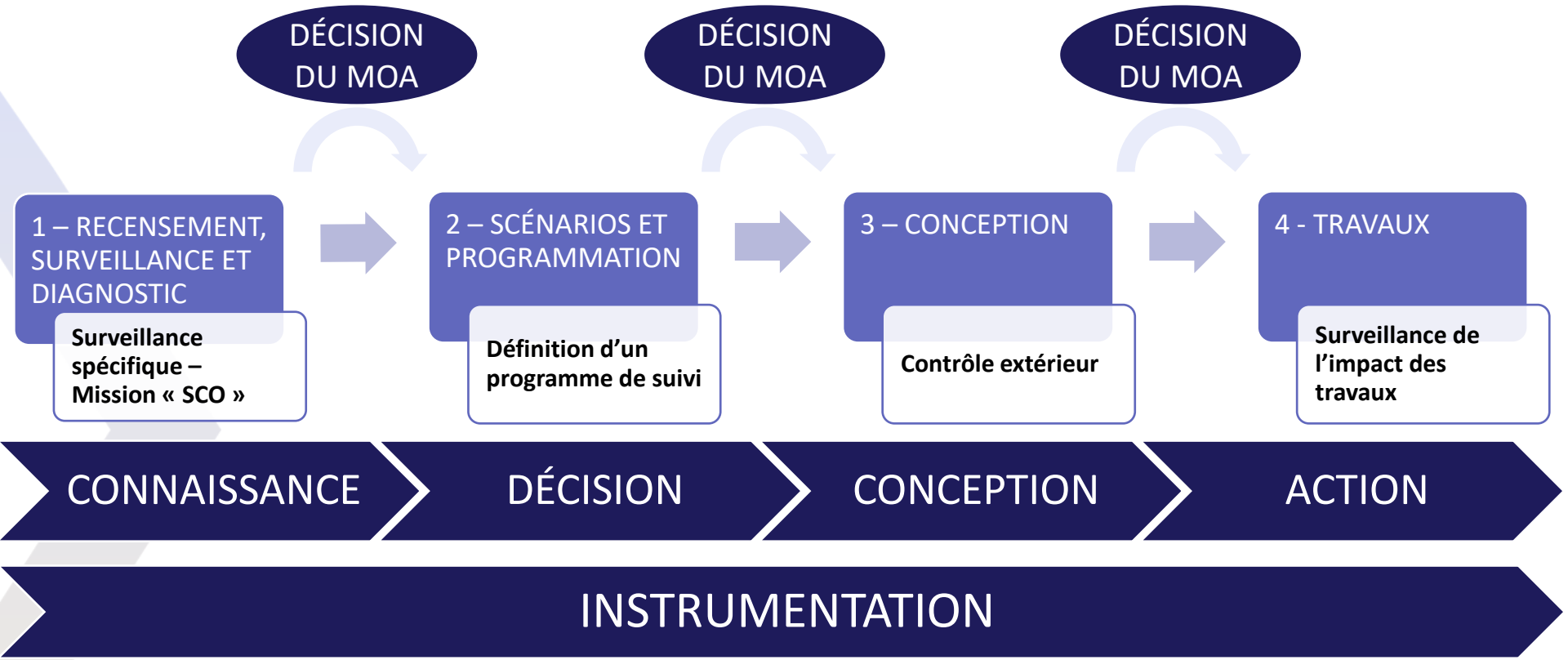


CHAQUE ÉTAPE ENRICHIT LA CONNAISSANCE DE L'OUVRAGE

BUT : ÉCLAIRER LA DÉCISION DU MAÎTRE D'OUVRAGE

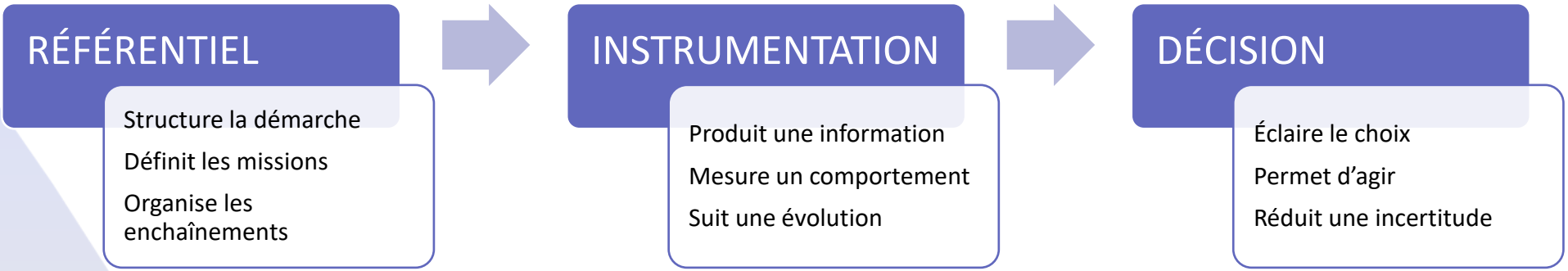
L’instrumentation traverse le référentiel

Elle apparaît à plusieurs moments de la démarche



Du référentiel …

A la maîtrise des risques



QUELLE INFORMATION POUR QUELLE DÉCISION ?

GUIDE DE RECOMMANDATIONS
MAÎTRISE DES RISQUES PAR L'INSTRUMENTATION

Maîtrise des risques par l'instrumentation

Guide de recommandations





Pourquoi ce guide ?

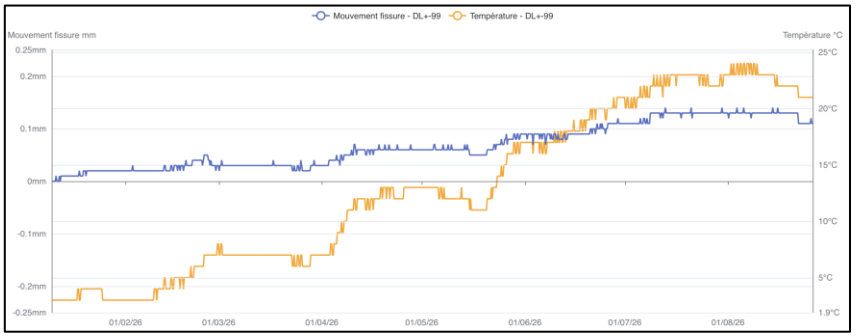
MAÎTRISER UN RISQUE, PAS SIMPLEMENT « MESURER »

L’instrumentation n’est pas une fin en soi

L’instrumentation doit répondre à une question de **maîtrise du risque**







Genèse de la rédaction du guide

Un travail collectif du GT5 de l'IMGC

9 rédacteurs (MOA, MOE, BET et entreprises) + 10 relecteurs

Environ 5 ans de travail – Environ 20 réunions

USAGES	• Maintenance préventive • Suivi particulier de structures pathologiques • Ouvrage stratégique
RISQUES	• Sécurité : humaine, environnementale, … • Exploitation : financier, juridique, social, culturel, …
OUVRAGES	• **Limitation aux seuls Ouvrages d'Art existants** • Exclusion des structures linéaires (routes, …) • Exclusion des « gros » équipements (ponts roulants, …)
BESOINS ET FINALITÉ	• Longévité de l'instrumentation • Format des données dans le temps • Maintenance, apprentissage, …

UNE INSTRUMENTATION POUR QUELS USAGES ?

Le positionnement du guide …

Un guide de bonnes pratiques professionnelles

LE GUIDE PROPOSE :

- Une démarche
- Des recommandations
- Des points de vigilance
- Des exemples de mises en œuvre

LE GUIDE NE PROPOSE PAS :

- Une solution unique
- Une méthode prescriptive
- Un « dimensionnement » de l'instrumentation

GUIDE DE RECOMMANDATIONS SANS CARACTÈRE PRESCRIPTIF

Le message du guide

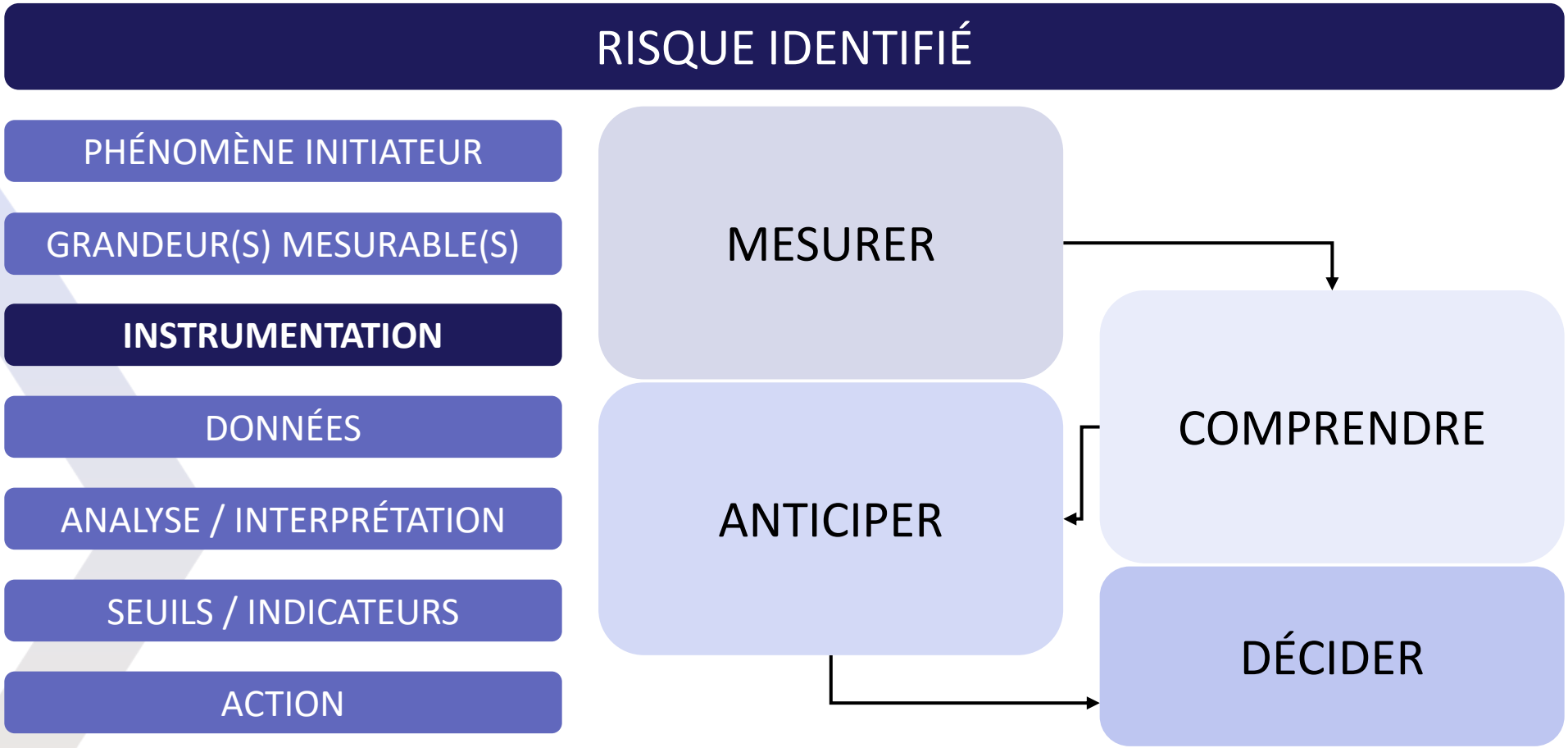
LA BONNE INSTRUMENTATION

N’EST PAS CELLE QUI MESURE LE PLUS OU LE MIEUX …

C’EST CELLE QUI FOURNIT L’INFORMATION NÉCESSAIRE POUR PRENDRE …

LA BONNE DÉCISION AU BON MOMENT

De la connaissance à la maîtrise du risque



Quel risque cherche-t-on à maîtriser ?

PAS D'INSTRUMENTATION SANS PROBLÈME À RÉSOUDRE

QU'EST-CE QUI PEUT SE PRODUIRE ?

- Phénomène redouté

QUELLES SERAIENT LES CONSÉQUENCES ?

- Sécurité
- Exploitation
- Patrimoine
- Environnement

AVEC QUELLE CINÉTIQUE ?

- Heures
- Jours
- Mois
- Années

LA CINÉTIQUE DU RISQUE CONDITIONNE DIRECTEMENT LA STRATÉGIE DE SURVEILLANCE

Quelle information faut-il obtenir ?

RISQUE IDENTIFIÉ

↓

QUE DOIT-ON OBSERVER / MESURER POUR LE CARACTÉRISER ?

Risque identifié	Grandeur(s) mesurable(s)
Mouvement	Déplacements (unidirectionnels ou multidirectionnels), Rotations, Inclinaisons, …
Tassement / Déformation	Déplacements différentiels, Nivellement, …
Effet thermique	Température, Gradients thermiques, Réponse structurelle, …
Perte de capacité portante	Déformations, Contraintes, Efforts, Flèches, Déplacements, …
Dégradation / Endommagement	Évolution des fissures, Déformations, Déplacements, …
Vibration / Sollicitation dynamique	Accélérations, Fréquences propres, Amplitudes, …
Et bien d'autres possibilités …	**Pression, Humidité, Émissions acoustiques, Pression interstitielle, …**

UN MÊME RISQUE PEUT NÉCESSITER LE SUIVI DE PLUSIEURS GRANDEURS
UNE MÊME GRANDEUR PEUT CONTRIBUER AU SUIVI DE PLUSIEURS RISQUES

L’instrumentation est un système

- CAPTEURS
- ACQUISITION
- TRANSMISSION / STOCKAGE
- TRAITEMENT
- ANALYSE / INTERPRÉTATION
- ALERTE
- DÉCISION

ALIMENTATION

TÉLÉCOMMUNICATION

MAINTENANCE

ORGANISATION

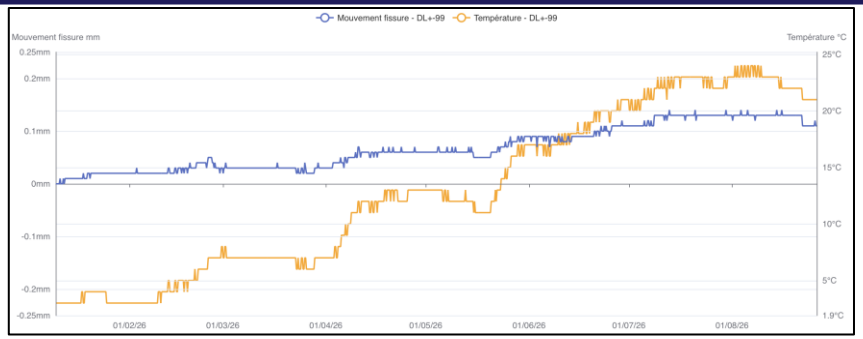
LE CAPTEUR N’EST QU’UN MAILLON DE LA CHAÎNE !

Mesurer ne suffit pas

UNE DONNÉE N'EST PAS UNE INFORMATION !!!







~+0,125 mm sur 8 mois

? Est-ce normal ?

? Est-ce lié à la température ?

? Est-ce lié à l'exploitation / usage ?

? Est-ce une dérive ?

? **Est-ce dangereux ?**

NÉCESSITE DE CONTEXTUALISER LA MESURE

Du capteur à la décision

MESURE

↓

QUALIFICATION DE LA DONNÉE

↓

CORRECTIONS / FILTRAGES / …

↓

INDICATEUR

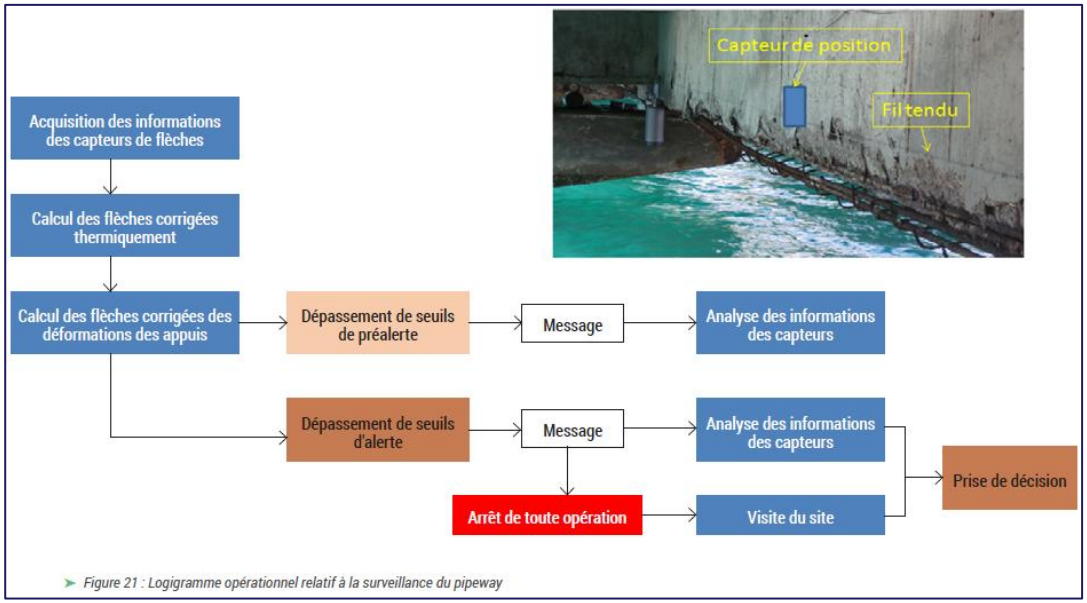
↓

SEUIL / CINÉTIQUE

- NORMAL
- PRÉALERTE
- ALERTE

↓

ACTION ASSOCIÉE



Exemple de logigramme issu du guide

Ouvrage très dégradé dont le maintien de l'exploitation était impératif y compris pendant les travaux de réparation. Devant les risques humains importants associés à des risques de pollution chimique en cas de rupture, le suivi des poutres a été mené sur la grandeur globale : la flèche

Un seuil n’a de sens que s’il déclenche une action

Un seuil doit être associé à :

- Une grandeur physique,
- Une analyse,
- Une personne / organisation,
- Une action,
- Un délai de réaction.

SEUIL = INFORMATION + ACTION + DÉLAI

PRÉALERTE	ALERTE	SEUIL CRITIQUE
• Analyse renforcée	• Intervention • Visite • Astreinte	• Arrêt • Restriction • Mise en sécurité

Et le modèle ?

MESURER ⟷ MODÉLISER

UTILISER UN MODÈLE EXISTANT

- Interpréter / Prévoir

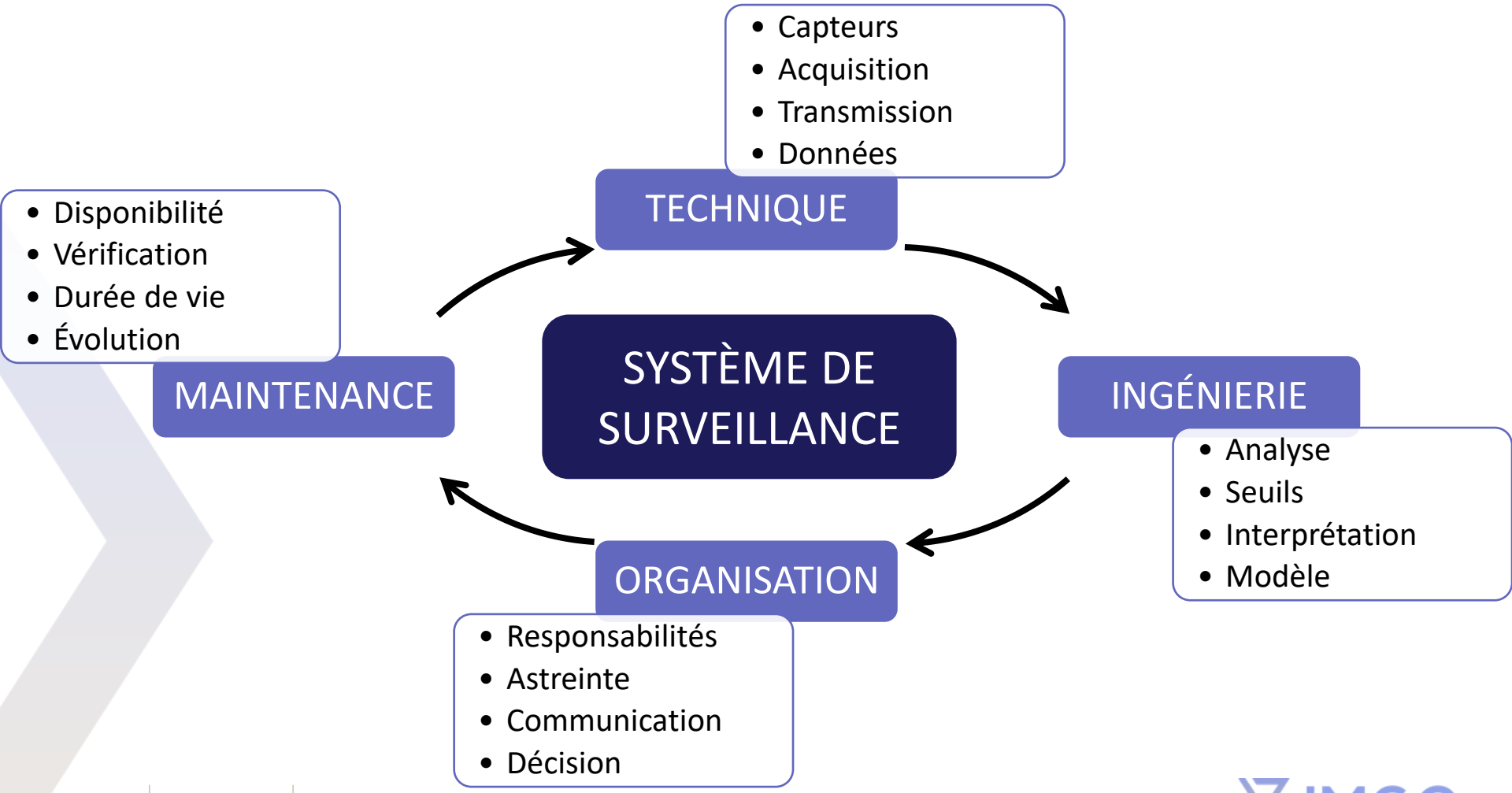
RECALER UN MODÈLE

- Réduire l'incertitude sur certains paramètres

IDENTIFIER LE COMPORTEMENT

- Confronter comportement réel et comportement théorique

UN SYSTÈME … MAIS AUSSI UNE ORGANISATION



QUEL NIVEAU DE SURVEILLANCE ?

RISQUE IDENTIFIÉ

CONSÉQUENCES + CINÉTIQUE

NIVEAU DE SURVEILLANCE

- Fréquence
- Automatisation
- Analyse
- Réactivité
- Organisation

LE NIVEAU DE SURVEILLANCE DOIT ÊTRE PROPORTIONNÉ AU RISQUE ET À SA CINÉTIQUE

Du guide à la pratique

ET QUAND LE RISQUE DEVIENT CRITIQUE ?

SURVEILLANCE COURANTE

SURVEILLANCE RENFORCÉE

HAUTE SURVEILLANCE

FRÉQUENCE / CONTINUITÉ DU SUIVI ADAPTÉE
UNE RÉACTIVITÉ PLUS IMPORTANTE
DES SEUILS FORMALISÉS
DES ACTIONS PRÉDÉFINIES
UNE ORGANISATION ADAPTÉE

COMMENT METTRE CONCRÈTEMENT EN ŒUVRE CETTE SURVEILLANCE ?

INSTRUMENTER POUR COMPRENDRE ET ANTICIPER

SURVEILLER POUR DÉCIDER ET AGIR

Merci

Délégué / Membre de la Région Grand Ouest de l'IMGC
Emmanuel MAJOLI / Lucas BOURREAU
06 78 09 43 88 – emmanuel.majoli@sce.fr / 07 50 59 89 96 – l.bourreau@asterbtp.com

IMGC
Ingenierie de Maintenance du Génie Civil