

UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID

FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

PATHOLOGIE DES CONSTRUCTIONS

GCL 566

Responsable: Dr. GHOMARI Fouad

INTRODUCTION

Dans toutes les études d'ouvrages en génie civil, les *codes et règlements de calcul* offrent un *coefficient de sécurité important* allant dans le sens de la sécurité.

Il en résulte théoriquement que l'effondrement d'un ouvrage est un phénomène rare.

Tout ouvrage bien conçu, doit alors supporter, sans faiblir, les charges auxquelles il est soumis.

Pourtant, de nombreux ouvrages, ne manquent pas de poser le problème de sinistralité.

Les mêmes problèmes réapparaissent régulièrement dans des ouvrages comparables placés dans des conditions semblables.

Ceci donne à penser que la sinistralité résulte de *l'emploi involontaire* mais répété de dispositifs de construction inappropriés, de méthodes de conception ou d'exécution mal adaptés ou des deux à la fois.

Cet état de fait est souvent le résultat d'absence de coordination entre les différents actants de la construction.

Aussi, les problèmes ne **surgissent** souvent qu'au bout de quelques années et à ce moment là, les responsables risquent d'avoir changé d'activité ou de ne plus pouvoir traiter de la question pour des raisons quelconques.

Le maître de l'œuvre et les entreprises de réalisation ne *capitalisent pas des erreurs dont ils sont responsables* car ils s'abstiennent de proclamer leurs échecs ou chacun se retranche derrière les effets pervers des dispositions réglementaires, la guerre des prix, la responsabilité des autres, etc.

Fréquence des sinistres, listes interminables de réserves à la réception, retards quasi-systématiques à la livraison, dépassements des coûts initiaux,...la construction n'a pas bonne réputation et offre une image dégradée du secteur du B.T.P.

Une autre répercussion de cette image peu flatteuse concerne les **prix**. Comment ne pas être tenté par les offres moins disantes et même anormalement basses quand rien ne prouve que la qualité sera meilleure en payant plus chère ?

Des prix bas se traduisent certainement par la réduction des effectifs en personnels d'encadrement et de chantier, le manque de matériel, la multiplication des travaux supplémentaires, etc.

Mais inversement, des prix plus élevés vont-ils conduire automatiquement à des équipes qualifiées et en nombre suffisant, avec du matériel adéquat et en bon état, travaillant dans le respect des clauses du marché, etc. ?

Qu'est ce qui permet de s'en assurer ?

C ' e s t l à l e p r o b l è m e !

Ce qui est pratiquement inévitable dans un sens, n'implique pas la réciproque dans l'autre

Des prix bas poussent nécessairement à revoir les prestations à la baisse en faisant l'économie de la qualité. Mais dans l'autre sens les prix plus élevés, voire intéressants, n'impliquent pas la révision des prestations à la hausse !

Dans le premier cas c'est la nécessité économique qui fait loi, dans le second c'est la satisfaction et donc c'est l'image de marque et par conséquent la fidélisation du client qui est en jeu.

Que faire ? Serions nous en face d'un mal incurable ?
Et ce malgré les progrès de la science du bâtiment.

L'une des voies à suivre est le développement de véritables démarches de prévention des désordres.

Connaître en fait les composantes de la prévention c'est d'abord passer par la connaissance de la pathologie.

La logique de la prévention est donc simple en théorie :
Il faut procéder à *l'analyse des causes de la pathologie* en vue de *promouvoir des actions capables d'éviter le renouvellement des mêmes erreurs*.

La mise en pratique est plus difficile !

Du fait des habitudes, des inconséquences, des inerties de comportement et des divergences d'intérêt entre les différents acteurs de la construction.

Avec le développement des démarches qualité, la situation va peut être évoluer dans la bonne direction même si la progression dans cette voie paraît bien lente.

Prévenir dans la construction est une motivation permanente, un enchaînement soigné à chaque étape, une vigilance continue sur les idées (la conception) et les faits (la réalisation).

Chaque acteur est responsable d'abord de ce qu'il fait, doit être un professionnel averti qui examine et contrôle le maillon d'avant et qui s'implique dans le maillon d'après, en s'attachant à *vérifier que ses consignes sont bien comprises et appliquées.*

La prévention ne se fera pas sans moyens

Aussi, la description de pathologies potentielles, qu'il s'agisse de problèmes liés aux études de conception architecturale et technique ou lors de l'exécution des travaux de réalisation, pouvant être détectés avant la réception des ouvrages et la mise en jeu des garanties apporte une contribution certaine à la prévention des désordres.

Définitions et Généralités

Pathologie : ce terme est depuis peu utilisé en bâtiment. L'étude des désordres et surtout l'étude statistique, systématique et ordonnée des désordres et des sinistres sont en effet, relativement récentes.

La signification de ce terme issu de la science médicale est la suivante :

d'après le Robert : «*Science qui a pour objet l'étude et la connaissance des causes et symptômes des maladies*».

Si l'on applique cette définition au bâtiment, les maladies seraient les désordres qui, en s'aggravant, donnent lieu à des sinistres ; ces derniers pouvant conduire à la ruine des ouvrages.

d'après le Littré : «*Science qui traite de tous les désordres survenus soit dans la disposition des organes, soit dans les actes qu'ils remplissent*».

La transposition de ce terme au bâtiment est assimilable à la notion de transformation, réparations après désordres ou sinistres et, à la limite, reconstruction.

Désordre : on peut retenir :

d'après le Robert : «*Altération, perturbation, trouble*»,

d'après le Littré : «*Dérangement, dérèglement, vice, perturbation, trouble*»

Vice :

D'après le Robert, la définition de ce mot est plus proche de : *défaut, imperfection grave, défectuosité.*

Le terme '*vice de construction*' est très usité. Mais, il s'applique surtout aux ouvrages neufs, plus qu'aux ouvrages dégradés par l'usage ou les agents extérieurs.

Comme pour le terme '*pathologie*' on trouve des analogies avec la médecine : vice de constitution.

Le Littré parle aussi de vice rédhibitoire et vice caché.

Sinistre :

D'après le Robert : «*événement catastrophique naturel qui occasionne des dommages, des pertes...*» ,

D'après le Littré : «*pertes et dommages qui arrivent aux assurés surtout en cas d'incendie, de naufrage...*».

Ce terme est couramment utilisé en matière d'assurance. C'est en fait l'aggravation des désordres qui conduit aux sinistres et éventuellement à la ruine partielle ou totale d'un ouvrage.

Ruine :

D'après le Robert, une ruine est la «*grave dégradation d'un édifice allant jusqu'à l'écroulement partiel ou total*».

Le Littré donne une autre définition : «*destruction d'un bâtiment qui tombe de lui même ou que l'on fait tomber*».

En d'autres termes, la ruine constitue l'état ultime, limite ou final d'une construction ou d'un ouvrage après destruction partielle ou totale.

«*Tomber en ruine*» signifie «*crouler, s'effondrer*».

Il y a donc aggravation des dommages puisque l'on arrive à l'effondrement ou à la destruction totale ou partielle de l'ouvrage.

Remède :

L'origine de ce mot est médicale :

D'après le Robert, «Remèdes» désigne «*tout ce qui est employé au traitement d'une maladie*»,

Un terme analogue est proposé est celui de «*solution*».

Réparation :

Ce terme correspond aux opérations nécessaires au maintien de l'ouvrage après sa construction. On peut distinguer deux types de réparations : petites et grosses.

Amélioration de l'habitat :

Un certain nombre de définitions ont été données dès 1978. Nous pouvons citer :

Rénovation urbaine : opération qui concerne l'ensemble d'un quartier, ce qui implique la démolition d'immeubles, la libération du sol, le remembrement de parcelles, la redistribution des utilisations du sol en voirie, logements, équipements et reconstruction à neuf. Ce terme est à distinguer de la rénovation individuelle des bâtiments qui constitue simplement en nue «*rénovation à neuf*».

Restauration : les travaux de restauration visent à remettre un bâtiment ou un ouvrage dans son état originel du fait de son intérêt architectural ou historique.

Réhabilitation : des travaux de réhabilitation visent à la fois à conforter un bâtiment et à le remettre en état en le dotant des éléments de confort moderne :

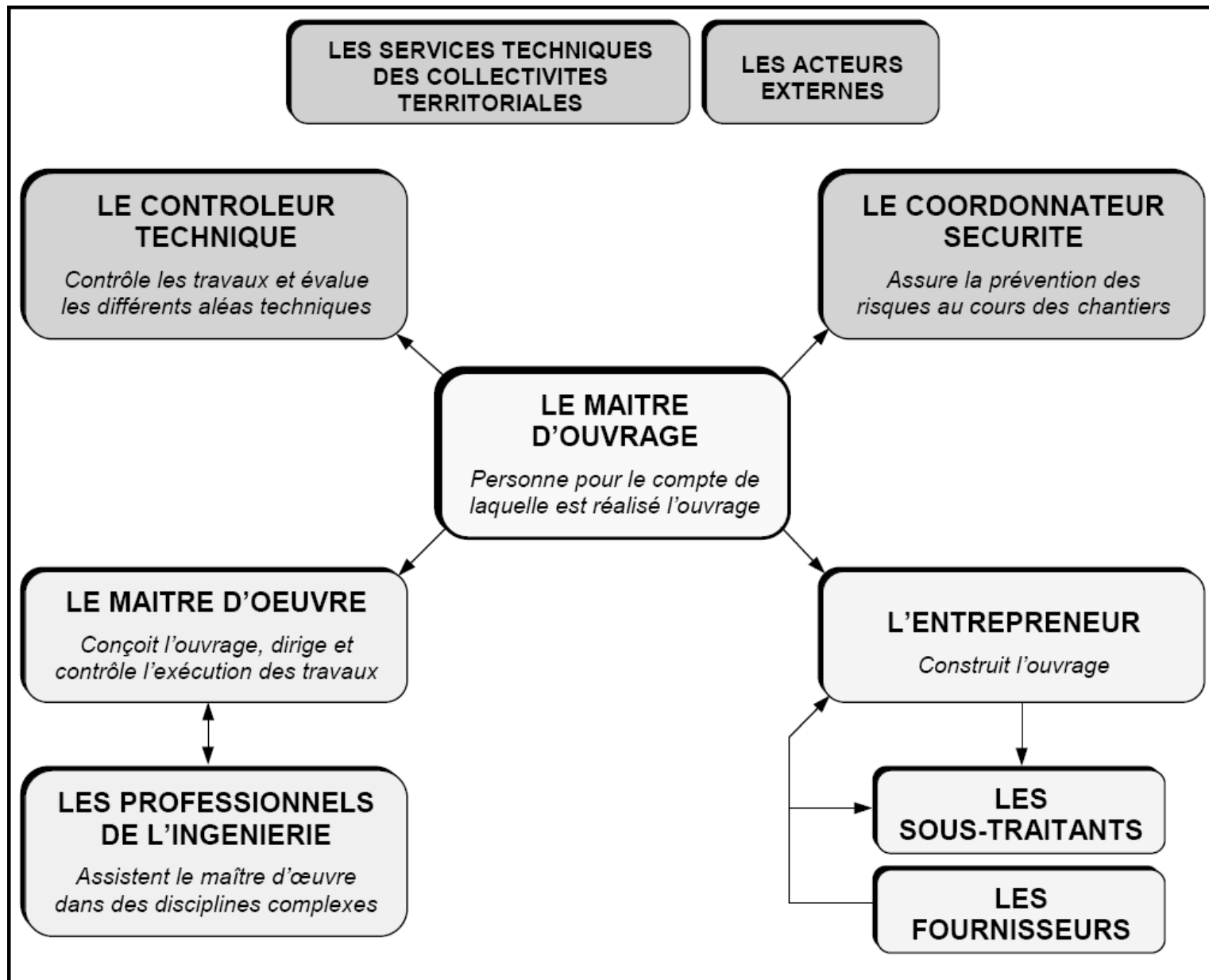
- Apport d'isolation thermique,
- Modernisation des installations intérieures (réseaux : électricité, chauffage, fluides, sanitaire).

Les intervenants de l'acte de construire

Les acteurs intervenant dans l'acte de bâtir sont :

- 1- le maître de l'ouvrage,
- 2- le maître d'œuvre : architectes ou agréés et spécialistes techniques (ingénieurs-conseils, bureaux d'études),
- 3- l'entreprise chargée du marché de construction : entreprise générale (tout corps d'état) ou entreprises spécialisées (titulaires de marchés par lots),
- 4- les fabricants et fournisseurs de matériaux,
- 5- le contrôle technique,
- 6- les assureurs : de l'ouvrage et/ou des constructeurs,
- 7- le vendeur et le promoteur

Tous ces acteurs sont liés par des contrats, doivent respecter chacun à son niveau des obligations et sont responsables à différents titres.



La prévention des désordres

La prévention c'est tout ce que l'on peut faire avant qu'un problème n'arrive, pour l'empêcher justement d'arriver.

Il s'agit donc d'alerter, d'attirer l'attention, de signaler, d'informer, de sensibiliser, de prévenir.

La prévention c'est le contraire de l'improvisation, il s'agit en fait de réfléchir avant d'agir. De repérer les sources d'ennuis, non pour renoncer à l'action mais pour la maîtriser et la réussir ainsi du premier coup

De ce point de vue, la sensibilisation et la formation professionnelle du personnel contribuent à la prévention.

Ce type d'action a, en effet, pour but de développer les connaissances et le savoir-faire du personnel en vue d'un meilleur exercice de ses activités professionnelles.

Or, une bonne partie des erreurs ou défauts rencontrés sur des opérations de construction trouve leur origine dans le décalage de certains intervenants par rapport à l'évolution du contexte technique.

La prévention des désordres doit être une démarche solidaire de tous les intervenants présentés.

la prévention des désordres, une démarche solidaire de tous les intervenants

Trois objectifs :

- Obtenir une meilleure qualité,
- Diminuer le nombre de sinistres et les facteurs de non-qualité,
- Diminuer le délai de levée des réserves.



Trois modes d'intervention :

- Promouvoir le travail d'équipe avec la maîtrise d'ouvrage, la maîtrise d'œuvre et l'entreprise,
- Favoriser les circuits décisionnels,
- Maîtriser les coûts et les délais.



Maîtrise d'ouvrage

- Programmation : le programme est le 'référentiel' pour tous les intervenants. La précision des exigences évite les improvisations, les modifications et les surcoûts.
- Critères de sélection des entreprises mieux disantes,
- Préparation du chantier et mise en place d'un coordonnateur,
- Réception avec levée des réserves et traitement des non-conformités,
- Utilisation de l'ouvrage conforme à celle qui a été prévue et entretien normal de l'ouvrage.



Maîtrise d'œuvre

- Validation du programme sur la base duquel la phase conception permet la distribution des rôles (élaboration du cahier des charges des prestations et des prescriptions techniques),
- Organisation des interfaces, détection des points sensibles de la réalisation des travaux.



Réalisation

- Identification des points sensibles de la construction et détermination des mesures à prendre,
- Développement du cahier des charges d'exécution avec implication des fournisseurs pour obtenir la qualité des matériaux et des produits incorporés.

La prévention des désordres est une action constructive lente et raisonnée se situant en amont de la réalisation. Elle doit intervenir dès la conception du projet de construction

La prévention des désordres est basée sur l'expérience et sur l'établissement de règles techniques tenant compte de l'évolution des constructions et des exigences.

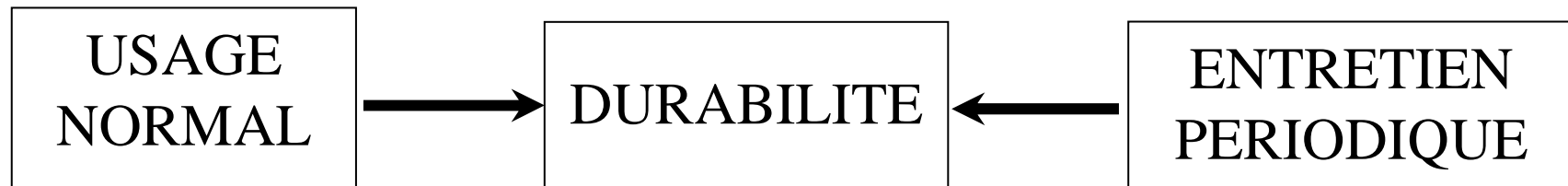
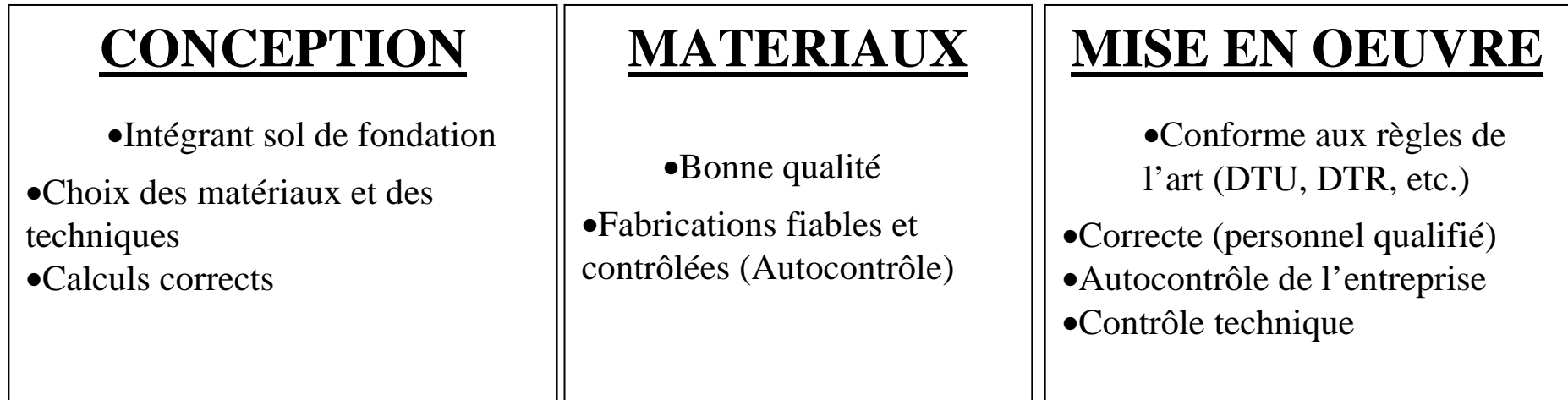
Un ouvrage mal conçu sera difficile à réaliser, exigera des précautions particulières et entraînera des coûts supplémentaires et risques difficiles à apprécier

L'innovation est nécessaire pour faire progresser les techniques mais elle doit être raisonnée, mesurée et introduite progressivement.

Il faut laisser le temps nécessaire pour déterminer in situ, c'est à dire en vieillissement et en comportements naturels, la fiabilité et la qualité des matériaux ou procédés présentés en tant que « techniques nouvelles ».

En faisant leurs preuves de qualité performances et durabilité, ces techniques nouvelles sont peu à peu introduites dans les textes codifiés (normes, DTU...).

Éléments de la prévention active coordonnée



Dans la construction, les erreurs et défauts peuvent apparaître dès la phase de conception ou plus tard lors de l'exécution des travaux.

Dans le cas de la conception, on peut facilement rectifier des plans ou des pièces écrites, tant que les ouvrages ne sont pas commencés.

Lorsque les erreurs ou les défauts sont détectés en cours d'exécution, la résolution du problème devient plus compliquée et en tout cas plus coûteuse. Il faut alors étudier des solutions de reprise acceptables, ou bien démolir et recommencer.

Si les erreurs ou défauts ne sont pas repérés avant la réception des travaux, il y a alors risque de sinistre à plus ou moins long terme.

Toute erreur, mauvais choix ou souci d'économie excessive se traduiront, tôt ou tard, par des désordres ou sinistres difficiles à réparer

Le choix des matériaux doit relever du même souci.

Le contrôle doit intervenir à différentes phases. Dès la conception en intervenant au niveau des calculs et matériaux choisis ; puis lors des travaux en émettant des observations et réserves

Une bonne conception des ouvrages est par conséquent fondamentale.

Introduction à la pathologie

L'acte de construire est universel, il dépasse le cadre des pays et des époques et s'adapte aux besoins spécifiques des populations en fonction de leurs modes de vie et de leurs ressources.

Il consiste en effet, à assembler des matériaux totalement disparates : pierres, béton, briques, bois, plâtre, plastiques, textiles, papier, peinture, etc., destinés à cohabiter dans un même environnement, afin d'abriter les hommes. Ces matériaux réagiront sur l'environnement, et les uns sur les autres. Les hommes aussi.

i., Pathologie de l'art de construire

Le XXe siècle, ayant subi deux guerres mondiales (grands conflits destructeurs) et des crises économiques à répétition, est entré dans une phase de construction indigente où tout est prétexte à l'économie. Les exigences de confort de l'habitation augmentent, par conséquent l'on tente de promouvoir la qualité. Cependant la qualification professionnelle des entreprises est gravement compromise par une insuffisance de formation et d'autres phénomènes tels que la sous-traitance en 'cascade'.

L'art difficile de l'architecte, dans son rôle de concepteur, consiste à créer pour l'homme un environnement matériel et social adapté à ses aspirations, et dans lequel il fait bon vivre.

Il existe d'abord une pathologie de l'architecture parce que l'homme évolue et la construction est faite pour durer.

L'architecte doit percevoir les aspirations futures de l'occupant et non pas se contenter de ses aspirations présentes.

L'architecte doit ensuite construire selon le budget qui lui est alloué, et le drame est alors en lui même, car il doit abandonner un certain nombre d'idées relatives à une conception confortable pour la sacrifier à l'économie abusive du moment : il faut coûte que coûte rester dans les prix plafonds réglementaires ou permettre au promoteur de présenter des prix d'achat concurrentiels, sous-estimant parfois les coûts d'exploitation et d'entretien. Et l'on paye parfois chèrement certains choix imposés.

C'est ainsi que tout le parc logements est pour la majorité des cas très déprécié : isolations thermiques et phoniques insuffisantes, monotonie ou laideur des façades, ambiance concentrationnaire.

La raréfaction des terrains à bâtir a conduit à rentabiliser au maximum chaque mètre carré en empilant le maximum des planchers. Cet univers concentrationnaire vertical montre ses limites avec ses problèmes techniques, sanitaires et sociaux.

Aujourd'hui, l'homme se tourne vers une autre architecture aux dimensions plus réduite.

ii., Pathologie des ouvrages

En construisant, l'homme fait intervenir les lois de la nature à son profit.

C'est tout au moins ce qu'il cherche, mais il ne les maîtrise pas toujours, soit qu'il ait sous-estimé l'importance de certaines d'entre elles, soit qu'il les ait totalement oubliées ou ignorées.

Les matériaux subissent l'environnement : les actions mécaniques de la pesanteur et du vent, les actions hygro-thermiques et chimiques de l'air environnant ainsi que des matières agressives.

a., actions mécaniques :

Dans les calculs classiques de résistance, on néglige généralement un certain nombre de phénomènes, considérés comme secondaires, ou on en tient compte d'une manière forfaitaire.

C'est ainsi qu'on ne calcule pas (sauf exception) la valeur :

- 1- des moments de flexion exercés dans les murs par la rotation des planchers aux appuis,
- 2- des longueurs de flambement des poteaux portant des planchers superposés,
- 3- des tassements différentiels entre semelles de fondation de grandeur différentes, bien qu'exerçant sur le sol la même pression.

On se limite aussi, autant que possible aux calculs unidirectionnels (poutres), voire bidirectionnels (portiques), passant très rarement au tri-directionnel à l'aide d'ordinateurs et de programmes dans lesquels il faut alors introduire un grand nombre de cas de chargement et dont les résultats prend vite l'aspect inextricable.

Et pourtant la nature demeure à trois dimensions, et l'état de chacune d'elles réagit sur les deux autres.

b., actions hygrothermiques :

L'eau, sous ses trois aspects : vapeur, liquide et glace, a une très grande influence en pathologie.

Chaque matériau possède un équilibre qui lui est propre vis-à-vis de l'état hygrométrique et de la température de l'air environnant. Il tend vers cet équilibre, plus ou moins lentement et modifie son évolution quand l'ambiance évolue.

D'une manière générale, les matériaux augmentent de volume avec l'augmentation de leur teneur en eau et leur température et diminuent de volume dans le cas contraire.

La terre cuite sort du four parfaitement anhydre et se réhumidifie très lentement en gonflant.

Le béton fraîchement coulé est gorgé d'eau et en séchant, il perd son eau et accuse un retrait.

La chaleur agit de deux manières : en dilatant par effet thermique et en diminuant l'humidité relative de l'air ambiant entraînant une réduction de teneur en eau des matériaux et un retrait.

Ces deux effets antagonistes s'annuleraient en partie dans les matériaux s'ils arrivaient à se produire simultanément. Malheureusement la cinétique des deux phénomènes est différente. La dilatation thermique est instantanée alors que l'exsudation de l'eau incluse et la contraction corrélative sont, elles beaucoup plus lentes.

c., actions chimiques et biologiques :

L'humidité accompagnée de la chaleur favorise le développement d'organismes végétal, animal ou microbien.

Ce phénomène entraîne pour certains matériaux des dégradations.

Le bois subit un pourrissement et les calcaires peuvent se désagréger en milieux nitrurés.

Les rayons ultraviolets du soleil provoquent la polymérisation des matériaux à chaînes carbonées : peintures et plastiques.

d., interactions :

La cohabitation des matériaux présentent des lois de comportement différentes et sont capables de s'altérer les uns les autres en causant certains désordres :

- Rupture du plus fragile quand deux matériaux mitoyens se déforment différemment (béton et brique creuse, canalisations et gros œuvre, etc.),
- Détérioration d'un bois humidifié par le béton ou le plâtre frais.

Quelques Statistiques

100 000 sinistres environ sont déclarés, chaque année en France, aux assureurs construction dans le cadre des polices dommages ouvrage et des polices de responsabilité décennale des professionnels.

L'observatoire des sinistres SYCODÉS (SYstème de COLlecte des DÉSordres) en France, met à disposition un ensemble d'informations relatives à l'analyse de 51.018 sinistres déclarés entre 1998 et 2000.

Ces informations chiffrées sont regroupées dans les tableaux 1,2 et 3 et donnent des valeurs assez différentes selon qu'elles s'attachent à dénombrer les sinistres ou à en apprécier le coût.

Tableau 1

	%Nb	Coût moyen (en KF)
Aucun ouvrage incriminé	0,6%	31
Viabilité (voirie, réseaux...)	5,1%	32
Mur de soutènement	0,5%	60
Fondation	2,3%	98
Mur enterré	5,4%	31
Structure	2,6%	32
Plancher	1,6%	38
Dallage sur terre-plein	1,2%	64
Charpente	2,4%	48
Couverture	13,0%	24
Toiture-terrasse	10,9%	27
Façade	15,7%	26
Autres ouvrages de façade	3,4%	25
Menuiserie	8,9%	20
Partition	2,2%	33
Revêtement intérieur	8,3%	36
Génie climatique	4,1%	27
Cheminée	1,3%	24
Autres équipements	10,6%	21
Total	100%	29

<u>Tableau 2</u>	% Nb	Coût moyen (en KF)
Défaut de stabilité	10,8%	60
Défaut d'étanchéité à l'eau	60,5%	22
Condensation	1,5%	24
Défaut d'étanchéité à l'air	1,1%	22
Sécurité d'utilisation	9,0%	35
Sécurité incendie	0,6%	64
Défaut d'isolation acoustique	0,3%	47
Défaut d'isolation thermique	1,1%	36
Autre manifestation	15,1%	31
Total	100%	29

Tranche de coût (en KF)	%Nb	Coût moyen (en KF)
5 à 9	38,9%	7
10 à 19	27,4%	14
20 à 49	21,1%	29
50 à 99	7,2%	65
100 à 199	3,2%	129
<u>200 à 499</u>	1,9%	284
500 à 1 000	0,4%	667
Total	100%	29

Aussi, il arrive souvent qu'un sinistre soit le cumul de plusieurs fautes de natures diverses, dont aucune n'aurait à elle seule provoqué le sinistre, mais qui ont, chacune, réduit une part de la charge de sécurité qu'elle devait préserver.

Par ailleurs, un sinistre peut avoir sa cause dans un ouvrage et son effet dans un autre :

- Un plancher qui fléchit, fissure la cloison sous-jacente,
- Une étanchéité qui fuit, pourrit la charpente qui la porte.

Tout l'art des experts consiste, au vu des désordres constatés, de l'état des lieux et des archives, à discerner :

- Le ou les phénomènes physiques qui ont amené la formation des désordres,
- Ce qu'il aurait fallu faire, dans l'esprit du projet, pour les éviter.

Ensuite, les juges, en cas d'action judiciaire, les assureurs aidés des experts, recherchent :

- Le ou les agents responsables du sinistre,
- Le degré de responsabilité de chacun dans la survenance du sinistre.