



AMB

Assistance à la Maintenance du Bâtiment

François Iselin - Hervé Lequay

Institut de technique du bâtiment, ITB - DA - EPF Lausanne

Octobre 1994

Présentation du Service d'Expertises

Le Service d'Expertises de l'Institut Technique du Bâtiment a été créé en 1972, pour répondre aux nombreuses demandes de conseils en construction et d'expertises en bâtiment, dans le but d'affiner et de concrétiser l'enseignement de la construction, et d'orienter la recherche vers les problèmes importants. Les résultats des analyses effectuées doivent permettre d'élaborer une stratégie de prévention des défauts aux constructions, en édictant des conditions de mises en œuvre (notamment pour les matériaux nouveaux), et en informant les utilisateurs sur les avantages et les limites d'utilisation.

Historique

Dans le cadre de l'Institut Technique, dans le domaine des matériaux, nous travaillons depuis 1983 à l'élaboration d'outils d'assistance aux architectes.

L'un des prototypes réalisés fut ACE (Aide à la Conception des Enveloppes), développé dès 1985. ACE, à partir d'une description de l'environnement de la paroi, peut délivrer les solutions optimales de parois composites, construites à partir d'une base de données matériaux, mais aussi estimer les désordres futurs possibles à l'intérieur d'une paroi définie par l'utilisateur.

Dans les deux cas, l'utilisateur entre les données sur les milieux environnants permettant au logiciel d'estimer les contraintes subies par la paroi. Dans le cadre de la conception, ACE recherche des solutions de paroi qui répondent à deux critères essentiels:

- réaliser une séparation efficace entre deux milieux différents;
- résister aux contraintes produites par ces mêmes milieux.

D'autres critères sont également pris en compte : coût de construction de la paroi (matériaux et mise en œuvre), confort thermique, confort acoustique, aspect, etc.

Lors de l'évaluation du comportement d'une paroi existante, ACE vérifiera son adéquation aux milieux environnants, et en déduira désordres, méthodes d'améliorations, etc.

Malheureusement, au vu du nombre sans cesse croissant des matériaux disponibles pour la construction, la méthode de conception conduit à une explosion combinatoire rapidement insoluble avec les techniques informatiques classiques. Nous recherchons actuellement, à l'aide de techniques du type "calcul émergent" (réseaux neuro-mimétiques, algorithmes génétiques), à accélérer la recherche de solutions satisfaisantes.

A partir de 1990, nous avons orienté ACE vers l'analyse des durabilités de solutions de parois composites, à partir des connaissances engrangées dans le domaine du comportement des matériaux dans le temps. ACE est devenu AMB, Assistance à la Maintenance des Bâtiments.

Prévoir le comportement des bâtiments dans le temps

Le vieillissement des bâtiments se manifeste par une suite de désordres plus ou moins graves. Ces désordres affectent le confort et la sécurité des occupants, la valeur et l'intégrité de tout ou partie des bâtiments. Faute d'être prévus, ces désordres chargent les budgets d'entretien et de réparation, et impliquent des interventions d'urgence, décidées au coup par coup, donc interdisant la possibilité de les planifier.

La prévision des dégradations et la planification des rénovations est donc un des axes de recherche majeur dans le domaine de la construction. Le but premier de cette prévision est évidemment d'ordre financier: comment élaborer un budget de maintenance d'un parc

immobilier? Où se produiront les prochaines dégradations? Quel est l'état général des bâtiments, et quelle est leur valeur immobilière? Comment réduire les coûts et les visites de maintenance? Qui dit prévision dit aussi prévention. On peut attendre d'un modèle de prévision du comportement du bâtiment qu'il permette également, avant la construction, de connaître la durabilité des différents constituants de l'ouvrage. Le concepteur choisira en connaissance de cause les matériaux et les techniques de mise en œuvre les plus appropriées à la durabilité attendue du bâtiment.

Le dernier rôle d'un tel modèle, et non des moindres, est un rôle didactique. La formation des concepteurs, et également des gérants ou utilisateurs, éviterait bien des erreurs de gestion des bâtiments, en améliorant rentabilité et durabilité.

Des contrôles de qualité sont nécessaires.

La prévention des désordres par leur prévision est possible, mais elle implique des contrôles de qualité aux divers stades de la vie de l'ouvrage.

Comme en Europe, plus du 40% des désordres sont dus à des erreurs de "projetation", il est évident qu'un premier test de faisabilité doit être effectués sur *les plans d'exécution*. Dans ce cas, l'outil informatique AMB simule le comportement du bâtiment virtuel placé dans ses futures conditions d'exploitation et soumis aux contraintes climatiques et d'occupation.

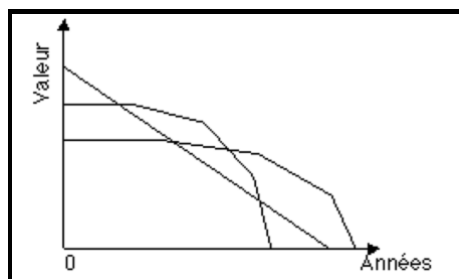
Un deuxième contrôle devrait se faire *au cours des premières années* de mise en exploitation de l'ouvrage. C'est en effet au cours de cette période de rodage - qui correspond à la période de garantie - que les erreurs de conception et de mise en oeuvre apparaissent et doivent être corrigées. A ce stade, AMB est surtout utilisé pour analyser des désordres particuliers.

Puis, des *contrôles périodiques de routine* doivent être entrepris tout au long de la durée de vie du bâtiment. AMB qui a acquis et gardé en mémoire les constituants du bâtiment peut établir à tout moment un check-up. Le responsable du bâtiment sera alors informé de l'opportunité d'une visite sur place et de la localisation des éléments qu'il devra contrôler. Il décidera alors en connaissance de cause des mesures de maintenance ou de réparation appropriées.

Pour qu'un logiciel puisse tirer la sonnette d'alarme, il doit pouvoir prévoir les événements qui affectent les divers constituants de la construction. L'estimation statistique de la durée de vie des éléments en est un.

Limites de l'estimation statistique de la durée de vie

Plusieurs programmes informatiques permettent actuellement de simuler le vieillissement des bâtiments (Schröder, Mer-ip, Sims, Entropi, etc.). Tous ces programmes, dits statistiques, établissent leur pronostic sur la base de courbes de vieillissement. La durée de vie d'un élément y est déterminée par deux points: un niveau initial au temps 0 (qui peut être une performance, une valeur, etc.) et une échéance finale. Ces points sont reliés par une droite ou une courbe selon la finesse du logiciel. Ces informations découlent d'estimations statistiques tirées d'enquêtes auprès des architectes, d'expertises de bâtiments ou de statistiques de gestion d'immeubles.



Courbes de vieillissement

Par leur simplicité, ces courbes de vieillissement ont l'avantage de faciliter les calculs. Cependant elles présentent des inconvénients de taille:

- La *durée de vie* est une notion certes pratique, mais vague puisqu'elle peut désigner indifféremment la ruine d'un élément, la perte d'une de ses performances essentielles ou l'obsolescence fonctionnelle.
- Cette durée de vie s'applique à *des éléments de construction* (toiture, façade, installation électrique), soit à un ensemble de matériaux dont le comportement propre n'est pas pris en compte. Le calcul donnera ainsi la durée de vie probable d'une fenêtre, mais ignorera la cause du vieillissement. Ainsi l'utilisateur de tels logiciels risque de remplacer la fenêtre toute entière au lieu de s'attaquer aux causes de son vieillissement.
- Les courbes de vieillissement ne tiennent que peu ou pas du tout compte du *niveau des contraintes* auquel l'élément est exposé. Ainsi la durée de vie d'une fenêtre sera la même quelles que soient son exposition et les sollicitations qu'elle subit.
- Elles s'appliquent à des éléments de certaines *techniques et périodes* de construction. Or la durée de vie d'une fenêtre en bois des années 50 n'est évidemment pas la même que celle de nos vitrages actuels.

Le calcul de la durée de vie selon AMB

Ces raisons, et d'autres encore, nous ont conduit à rechercher une méthode permettant de calculer précisément le comportement des bâtiments dans le temps.

Pour ce faire, nous avons basé notre recherche sur trois domaines d'informations:

- L'énumération des matériaux élémentaires constitutifs du bâtiment.
- La recherche des niveaux de contraintes effectives subies par chacun de ces matériaux.
- La modélisation des divers phénomènes pouvant affecter ces matériaux, c'est-à-dire l'effet des contraintes sur les performances des matériaux.

La durée de vie d'un bâtiment, élément ou matériau peut ainsi être décrite comme la variation de chacune de ses performances dont on estimera la gravité. Cette information essentielle résulte du comportement spécifique de chacun de ses matériaux constitutifs.

Les spécialistes de la prévision des désordres du bâtiment sont souvent sceptiques quant à la possibilité de modéliser les comportements des matériaux dans le temps. Et ceci pour plusieurs bonnes raisons:

- Le bâtiment avec son fouillis de matériaux disparates, de parois, structures, joints et installations serait bien trop complexe pour pouvoir être modélisé.
- Le comportement des matériaux - et en particulier des matériaux traditionnels - dépend trop des aléas de leur fabrication et de leur mise en oeuvre pour pouvoir être cerné.
- Comme les dégradations résultent le plus souvent d'un nombre élevé de contraintes provoquant des désordres en chaîne, il n'est pas possible de les modéliser, ni même de les comprendre.

Bref, l'approche méthodique de la durabilité est souvent considérée comme illusoire et même dangereuse par manque de rigueur scientifique. Ces objections sont certes fondées, mais elles négligent un fait fondamental en architecture: il est plus important pour les concepteurs et gestionnaires de bâtiment d'avoir un outil imparfait, que pas d'outil du tout... Dans un tout autre

domaine, les paysans ou les promeneurs préfèrent avoir une prévision météorologique indicative sur trois jours qu'une prévision rigoureuse limitée aux trois prochaines heures.

Le diagnostic méthodique des désordres tel qu'il est effectué par AMB n'est possible que si certains préalables sont satisfaits:

- Ce processus d'analyse ne peut s'effectuer que sur les *matériaux élémentaires* constitutifs du bâtiment. L'utilisateur d'AMB devra par conséquent fournir au logiciel non pas des parties de bâtiment, ni même des éléments de construction, mais l'ensemble des matériaux qui les constituent.
- Les processus de dégradation ne peuvent être décrits et modélisés qu'en partant d'une bonne *connaissance des phénomènes*. L'observation du comportement dans le temps d'un nombre significatif de bâtiments est donc indispensable. Pour établir les modèles de vieillissement, les auteurs d'AMB ont pu bénéficier des enseignements de plus de 500 cas d'expertise, de la littérature traitant de la pathologie des constructions et des connaissances de divers spécialistes.
- Finalement le recours aux moyens informatique est indispensable car ils sont seuls à pouvoir réaliser rapidement des tâches aussi complexes, et ceci déjà en cours de saisie sur le bâtiment grâce à un ordinateur portable.

Contraintes, objectifs et résultats de la recherche

Le développement du programme informatique AMB a été guidé et orienté par plusieurs objectifs fixés au départ et pour la plupart atteints:

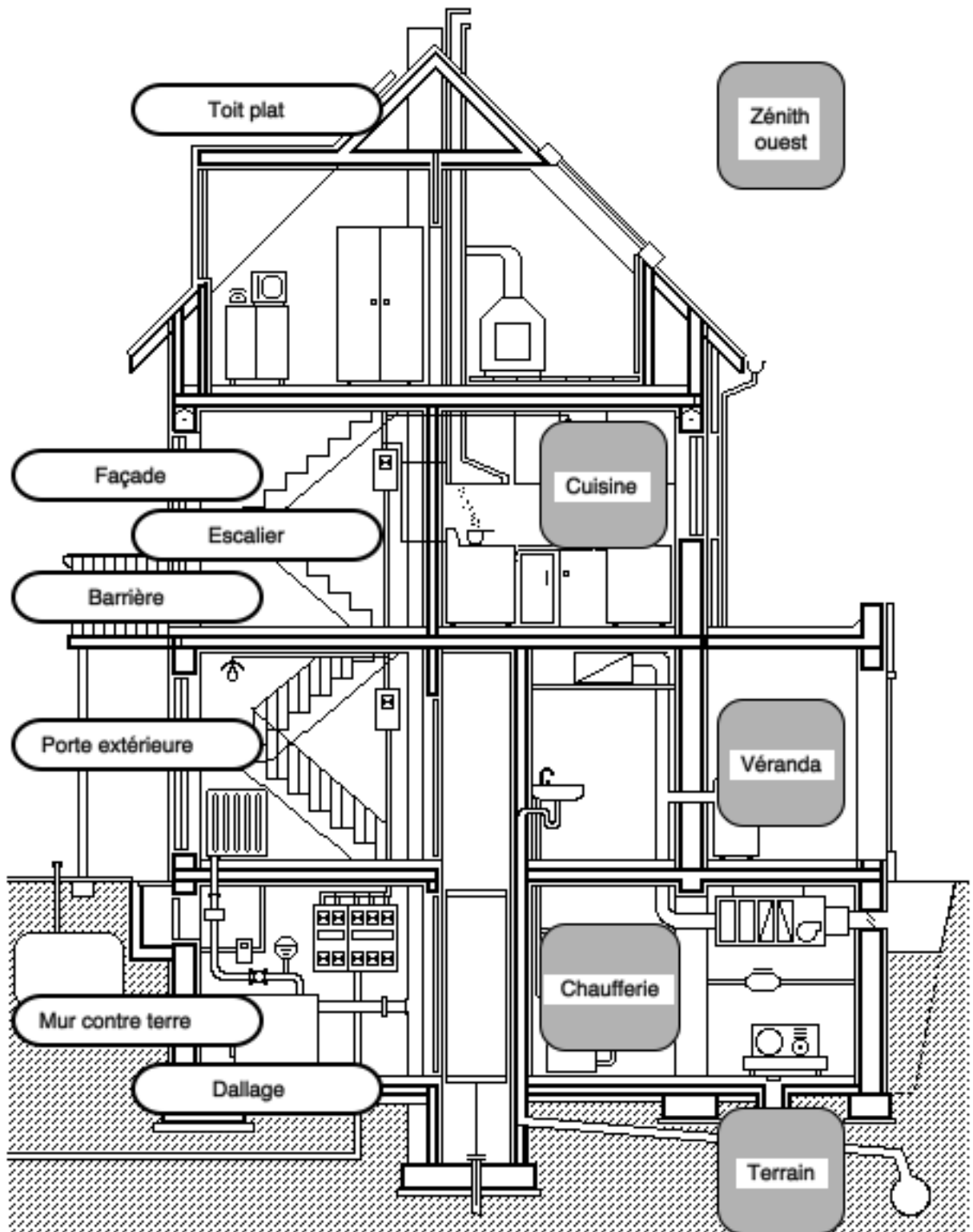
- La saisie des bâtiments sur plan ou sur place devait être rapide: quelques heures au plus par bâtiment. Cette exigence a été imposée par notre mandant, pour qui la saisie de ses quelque mille bâtiments n'était envisageable qu'à condition qu'elle puisse se faire dans un temps limité.

Pour que cette saisie puisse être faite aussi rapidement que possible, l'utilisateur bénéficie de bibliothèques de matériaux, de milieux, d'éléments et d'installations. Il pourra y puiser les objets nécessaires sans devoir les réécrire et les décrire.

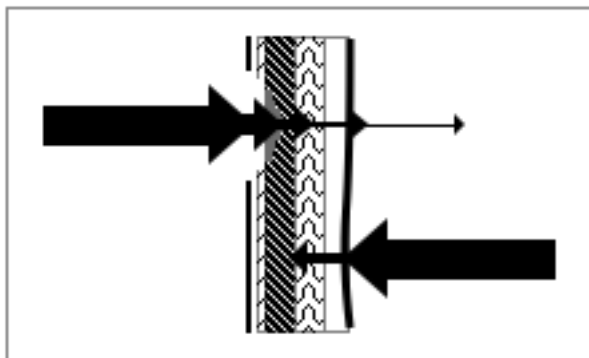
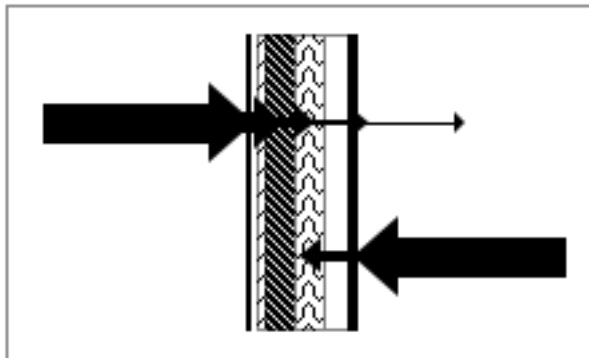
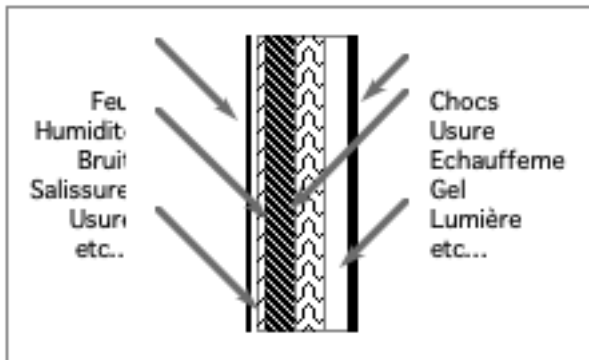
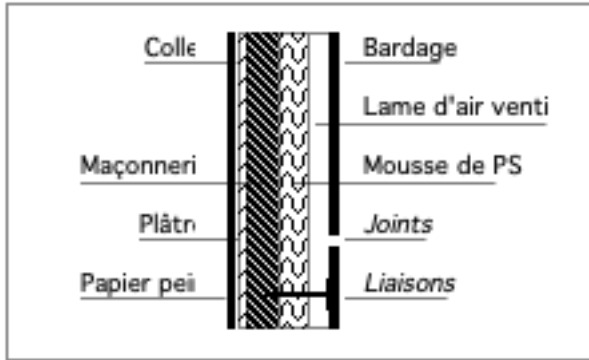
- Les résultats devaient être donnés instantanément en cours de saisie, ceci afin de permettre à l'utilisateur d'AMB de corriger ou compléter les informations enregistrées et de bénéficier de l'aide à la saisie. En effet, lorsque l'utilisateur d'AMB se trouve par exemple sur un toit, le logiciel lui indique les points particuliers à contrôler.
- Les résultats devaient être présentés de façon suffisamment concise et précise pour que l'utilisateur en ait à la fois une bonne compréhension et une vue exhaustive. Cette exigence explique pourquoi les résultats sont donnés de différentes façons.
- Finalement, AMB devait pouvoir aussi bien diagnostiquer sur plans qu'in situ, et dans ce cas, tant les parois dont on connaît la composition exacte que celles qui, faute d'être décrites ou sondées, comportent un ou plusieurs matériaux inconnus.

Concepts et méthode d'analyse AMB

Voici très sommairement les concepts que nous avons considérés et la méthode utilisée par AMB pour tout processus d'analyse:



- Le bâtiment est constitué d'un ensemble de *parois* (ou enveloppes), mais aussi de joints, de structures, d'installations, etc....
- Chacune de ces parois est placée entre deux *milieux* qu'elle sépare, chacun de ces milieux ayant des caractéristiques spécifiques.



- Les parois sont constituées d'un ensemble de *couches*, chacune formée par un matériau unique.

- Ainsi chaque couche a des *performances* initiales bien définies, dépendant du matériau utilisé.

- Les couches subissent des *contraintes* engendrées par les milieux.

- Ces contraintes peuvent se *propager* à travers les couches et
- leur *intensité* peut être modifiée en cours de propagation.

- Les contraintes *altèrent* les performances des matériaux en les dégradant.



- Nous appelons *désordre* toute modification significative d'une performance par une ou plusieurs contraintes.

Présentation des résultats

Le processus d'analyse étant relancé annuellement, c'est donc chaque année que AMB connaît le niveau des performances de chaque matériau et l'intensité des contraintes qui les affectent.

Pour répondre aux différentes interrogations de l'utilisateur, les résultats d'AMB lui sont présentés de diverses façons:

- *Vérification des performances initiales*
AMB calcule les performances initiales des parois considérées et les compare aux performances minimales fixées pour chaque type de parois. Ainsi, dès la saisie, on saura, par exemple, si telle façade est suffisamment étanche à l'eau pluviale, suffisamment isolante, etc.
- *Limite critique d'abaissement d'une performance*
La baisse des performances étant calculée annuellement, AMB présente dans un calendrier les dates auxquelles les performances atteignent une limite critique.
- *Variation des performances dans le temps*
Ces variations peuvent être visualisées sur un graphique de synthèse indiquant les baisses de performances et les niveaux de performances initiales.
- *Incompatibilités entre matériaux adjacents*
Certains dégâts précoces peuvent résulter de la juxtaposition inopportune de deux matériaux incompatibles. Ces défauts de conception sont signalés à l'utilisateur dès la saisie.
- *Apparition et aggravation des désordres*
Le calendrier signale également l'année de mise en route d'un processus de dégradation et son évolution.
- *Explication des phénomènes de vieillissement*
Certains résultats présentés de façon succincte peuvent surprendre l'utilisateur qui n'en comprend pas la cause. Ainsi AMB leur fournit une explication détaillée, une description générale du phénomène et les sources bibliographiques s'y rapportant.

Ces résultats sont donnés soit pour chaque éléments soit, sous forme de récapitulatif, pour l'ensemble du bâtiment.

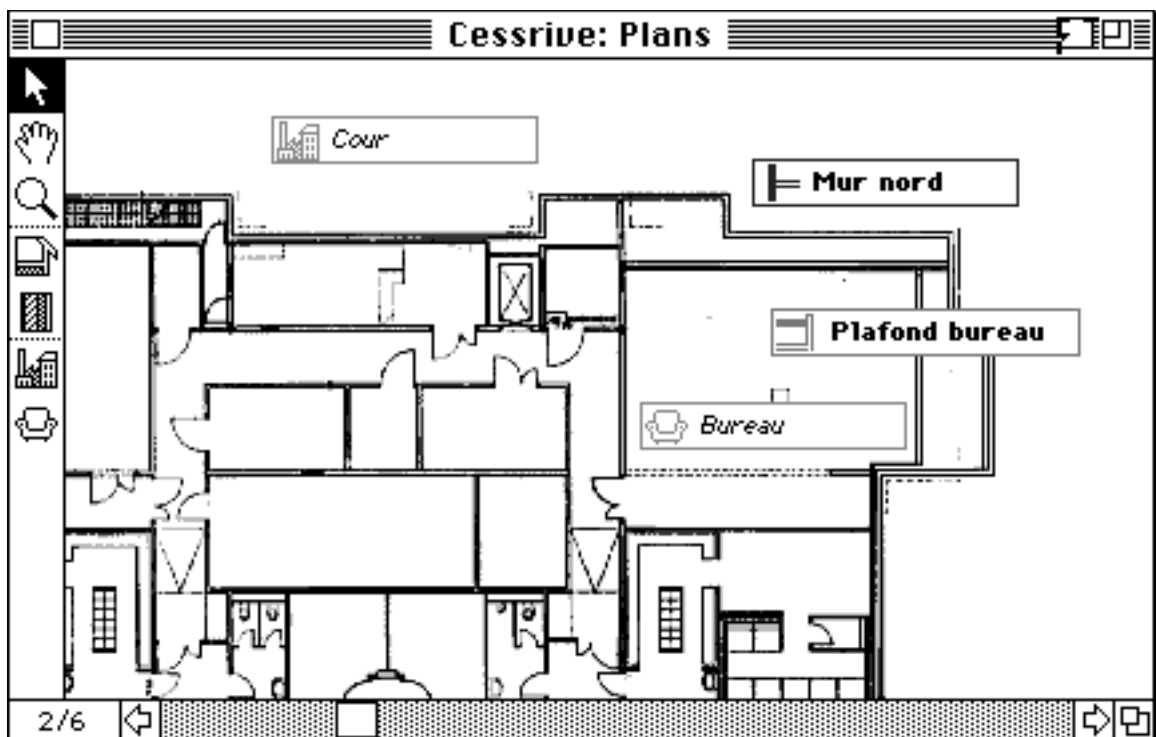
Enfin AMB se double d'un didacticiel offrant à son utilisateur la possibilité d'approfondir ses connaissances en pathologie des constructions.

Principes de fonctionnement

L'interface développée pour le logiciel AMB a été conçue pour accélérer la description (sur plans ou sur site) du bâtiment à analyser. Pour ce faire, la convivialité et la puissance de l'interface native du Macintosh (icônes, multi-fenêtrage, menus déroulants, etc) ont été largement mis à contribution. La mise en œuvre du logiciel se fait donc de manière intuitive et rapide. La phase d'apprentissage en est grandement raccourcie.

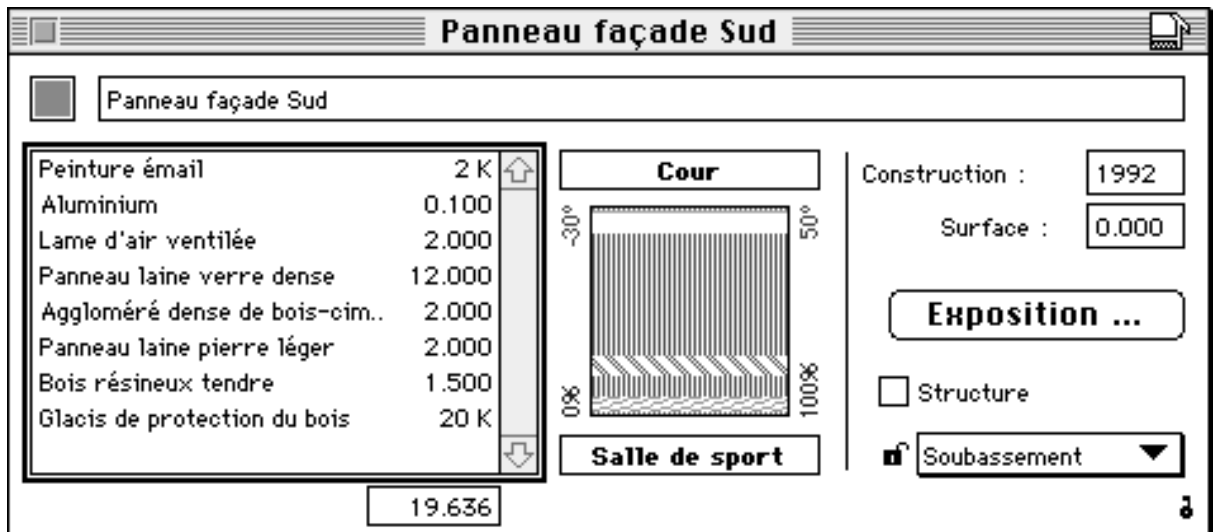
Les objets manipulés

Chaque *bâtiment* est un fichier séparé. La saisie peut se faire directement sur la base de documents graphiques. Ceux-ci peuvent être des originaux ou des photos digitalisés, des plans, schémas ou images générés par des logiciels de dessin ou de conception assistée. Sur ces documents graphiques peuvent être placées des images de tous les autres objets utilisés dans le bâtiment.



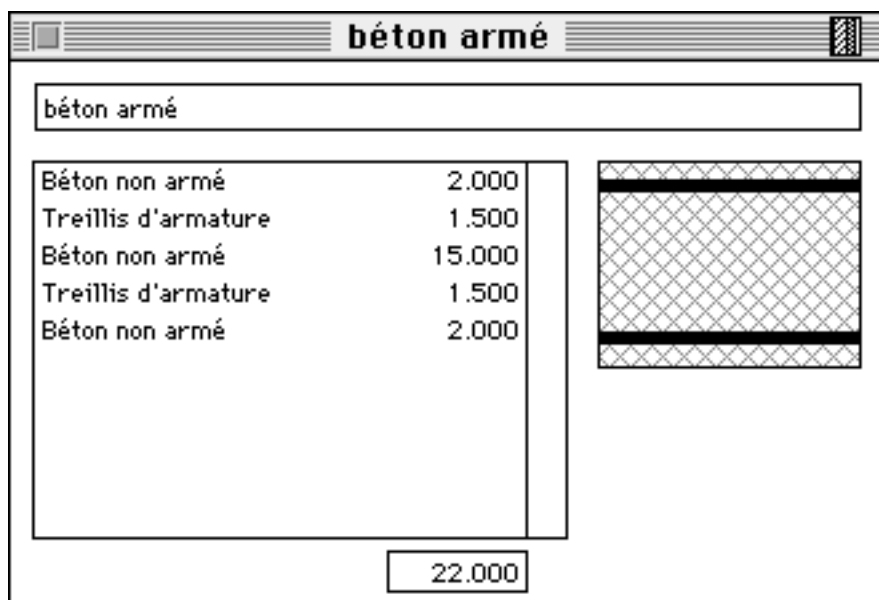
Sur chaque illustration graphique peuvent être placées des images actives des objets créés.

Chaque bâtiment est constitué d'un ensemble d'éléments constructifs, *parois* ou *installations*. Les parois sont mises en situation dans le bâtiment, en décrivant d'une part les *milieux* qu'elles séparent, d'autre part leur position relative (étage, orientation, pente). Au même titre que les parois, les milieux extérieurs et intérieurs sont des objets paramétrables.



Description d'une paroi

Chaque paroi est une liste ordonnée de matériaux. Si besoin est, tout groupe de matériaux devant être utilisé par la suite dans plusieurs parois peut être créé en tant que *composant*. Par exemple, on décrira un composant "béton armé" si celui-ci doit être utilisé dans plusieurs parois différenciées par le revêtement de surface.



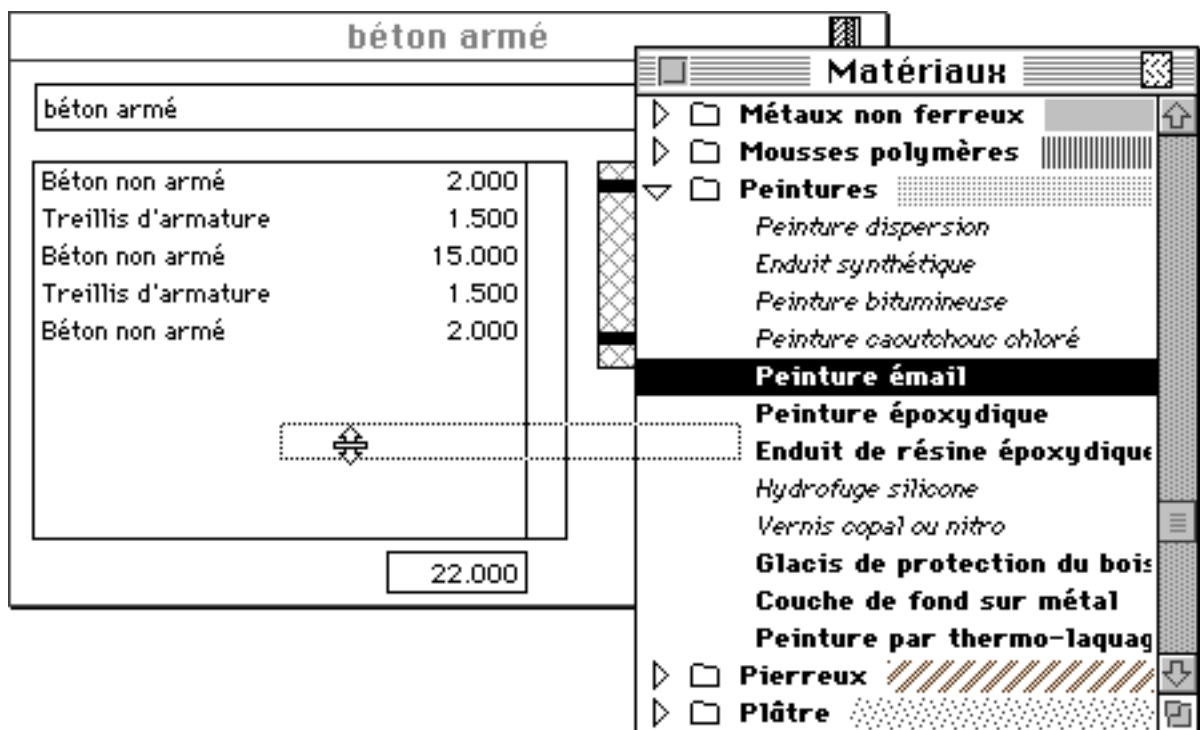
Les composants mémorisent des configurations courantes de matériaux

Ainsi, l'utilisateur peut constituer une bibliothèque de composants, de parois et de milieux, qu'il sera possible de réutiliser dans d'autres bâtiments. Au fur et à mesure de l'inventaire du parc immobilier, la saisie de ses constituants devient donc de plus en plus facile.

L'interface

Chaque objet est décrit dans sa propre fenêtre d'édition. On lui affectera un nom et une couleur de repérage. D'autres fenêtres présentent en liste les objets créés, en permettant de les regrouper dans des dossiers, avec un système de gestion hiérarchique similaire à celui du bureau du Macintosh.

La majeure partie des manipulations se fait sur le principe du "drag and drop", où il suffit de sélectionner à la souris puis de déplacer les objets d'une fenêtre à l'autre ou d'une zone à l'autre. Ainsi, construire les couches successives d'une paroi revient à puiser dans la liste des matériaux les différents constituants; documenter un plan revient à y déplacer milieux et éléments; recopier un objet d'un bâtiment à l'autre, dupliquer une paroi, modifier une hiérarchie se font par la même méthode.

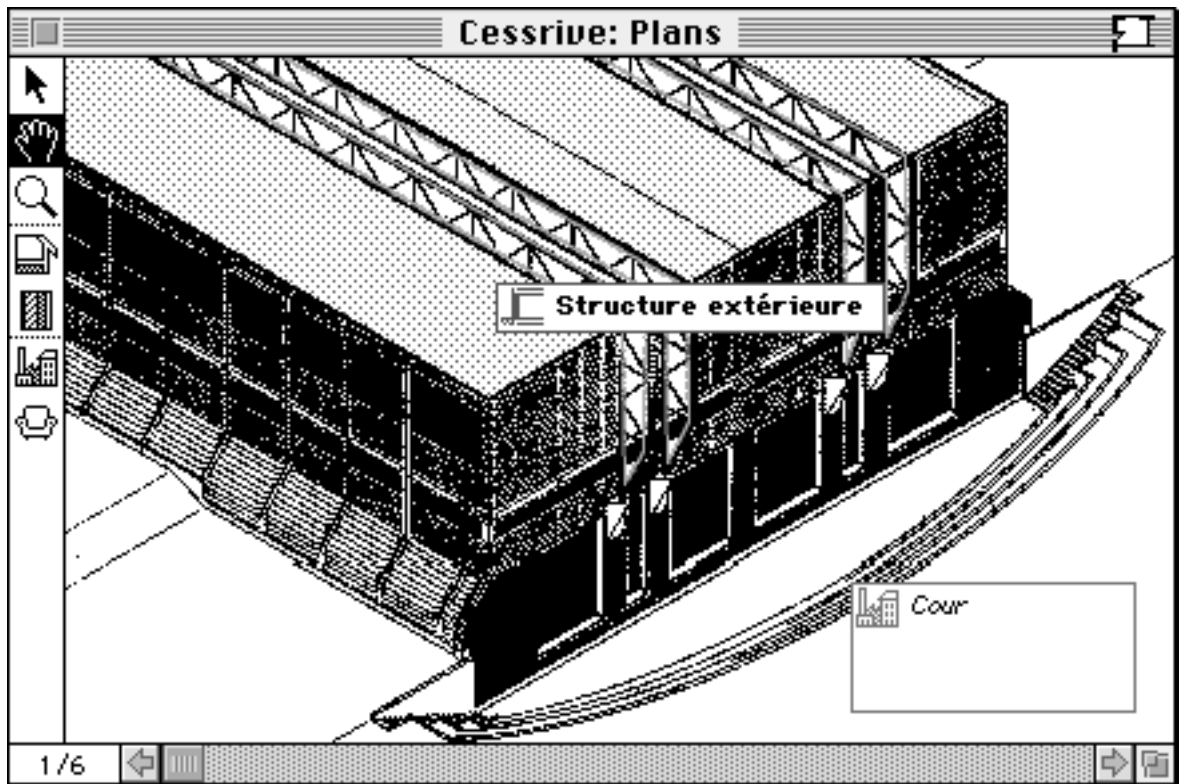


Déplacement d'un matériau vers une fenêtre de description de composant

Exemple de saisie

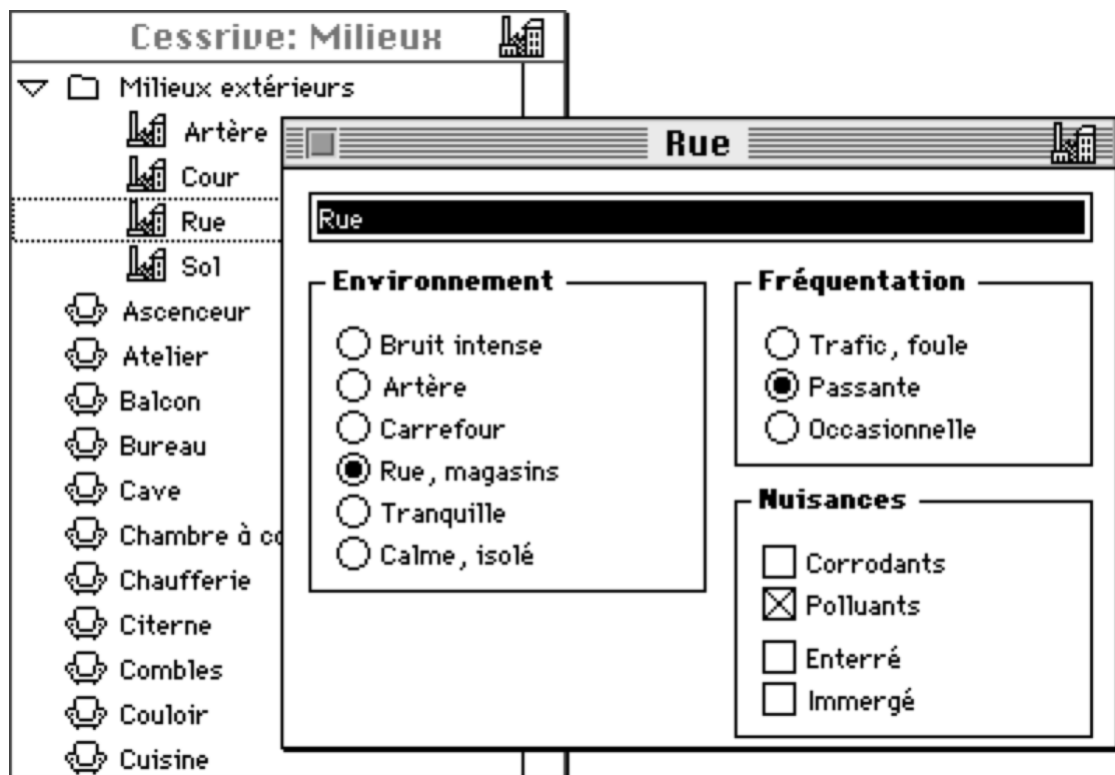
La première étape consiste à regrouper les connaissances sur le bâtiment: documents techniques, descriptifs, historiques des rénovations précédentes. Certains documents graphiques pourront être insérés dans la fenêtre de plans, et serviront à placer les différents objets et à aider l'utilisateur à se repérer lors de la saisie. Le document peut être déplacé à l'intérieur de la fenêtre, agrandi ou réduit suivant les besoins. Les objets y sont visualisés sous forme de rectangles redimensionnables.

Si la saisie se fait sur place, l'utilisateur créera au fur et à mesure de ses déplacements à la fois les milieux intérieurs et extérieurs et les parois rencontrées. Un document possède par défaut une liste préétablie de milieux courants. On peut cependant les modifier ou en rajouter. Ces milieux sont utilisés, lors du diagnostic d'une paroi, pour déterminer les contraintes qu'elle reçoit sur ses faces externes. La description d'un milieu se fait par un ensemble de boutons à choix multiples ou de cases à cocher.



Constitution d'une base graphique de repérage

Un milieu ouvert (extérieur) est défini par ses niveaux de bruit, de pollution et de trafic. Ces caractéristiques servent à définir les contraintes s'exerçant sur les parois qui y sont situées, ainsi que leurs performances minimales. Celles-ci seront contrôlées tout au long de la durée de vie du bâtiment.



Liste des milieux et description d'un milieu extérieur

Les milieux fermés sont déterminés essentiellement par l'activité qui s'y déroule: fréquence et taux d'occupation, type d'activité, nuisances et besoins induits, contraintes particulières.

Description d'un milieu intérieur

Les parois séparant ces milieux sont ensuite créées, soit directement sur le plan, soit dans la liste des éléments, qui regroupe également les installations. Dans la fenêtre d'édition de la nouvelle paroi, on ordonne les différentes couches, tirées de la liste générale des matériaux. Chaque matériau est documenté, repéré par son type de hachures et sa couleur, ce qui limite le risque d'erreur de saisie.

Mise en place des couches d'une paroi

On affecte ensuite à chaque matériau son épaisseur, ainsi que d'autres paramètres dont le logiciel peut avoir besoin pour déterminer la durabilité de la paroi et les différents désordres pouvant l'affecter; par exemple, la qualité de mise en œuvre d'un béton, s'il est en contact avec des armatures susceptibles de corrosion; la section d'ouverture d'une lame d'air ventilée, pour déterminer la vitesse d'air intérieure.

Paramétrage d'un matériau


Restent à spécifier les milieux dans lesquels la paroi est plongée, ce qui se fait en déplaçant simplement l'image d'un milieu (en provenance de la liste ou du plan, ou encore d'une autre paroi ou d'un autre document) au-dessus ou en-dessous de la coupe.

L'exposition de la paroi permet au logiciel de quantifier les contraintes climatiques qu'elle subit.

Description de l'exposition de la paroi

Des milieux et de l'exposition, le logiciel tire un certain nombre d'informations, dont le type de l'élément de construction que représente la paroi: mur de soubassement, façade courante, toit plat ou en pente, cloison intérieure, balcon, dalle enterrée, etc. L'utilisateur peut lui-même proposer au logiciel un type particulier d'élément.

Cette typologie est utilisée de plusieurs façons: d'abord, AMB délivre à l'utilisateur une liste des points particuliers à contrôler pour ce type d'ouvrage; ensuite, le logiciel détermine les performances que doit remplir la paroi au plan de l'étanchéité (au bruit, thermique, à l'air, à l'eau, à la vapeur, au rayonnement, etc); en dernier lieu, même si le logiciel analyse tous les désordres pouvant affecter la paroi, il n'avertira l'utilisateur que des dysfonctionnements mettant en jeu le rôle même de l'objet analysé: par exemple, prévenir d'une perte possible d'étanchéité à l'eau d'une paroi n'a de sens que si la paroi a un tel rôle, soit parce qu'elle sépare un milieu extérieur humide de l'intérieur, soit parce qu'elle est en contact avec un local humide.

Peinture émail	2 K		<input type="checkbox"/> Structure
		Salle de sport	<input checked="" type="checkbox"/> Toit plat
22.406			

Points à surveiller

- » Contrôler les écoulements.
 - . Nombre et sections suffisants, crapaudines.
 - . Risques d'obturation par les déchets ou en cas de gel, présence de dégorgeoirs, conséquences de l'obturation.
- » Contrôler l'étanchéité.
 - . Bandes de serrage.
 - . Régularité de la protection de l'étanchéité.
 - . Couvertines des acrotères.
 - . Souches de cheminées, blocs d'ascenseurs, antennes TV et enseignes.

Points particuliers à surveiller pour le type d'élément déterminé

L'analyse de la paroi peut commencer. Dans un premier temps, AMB délivre dans le bas de la fenêtre d'édition de la paroi une liste des défauts de conception ou estimés tels dans la situation actuelle de la paroi. Sous ce terme, AMB regroupe les insuffisances constatées dans les performances de la paroi, les incompatibilités de matériaux, les impossibilités structurelles, les erreurs possibles de saisie. A ce stade, l'utilisateur peut obtenir des informations contextuelles sur l'usage des matériaux et leur adéquation au type de l'élément.

Panneau laine pierre léger	10.000	Cour	<input checked="" type="checkbox"/> Plancher sur vide
45.803			

Défauts de conception

- Enduit de résine époxydique :
 - » La couche peut se fissurer, cloquer et se décoller de son support (échéance : 1 à 5 ans).
 - . Les désordres sont essentiellement dus aux contraintes de cisaillement entre le revêtement et son support, provenant des retraits différentiels hygrothermiques et thermiques entre les matériaux. Il faut par conséquent limiter les variations de température et d'humidité.
 - . Prévention : Support propre et sec ; Armer la première couche avec un filet de fibres de verre ; Prévenir la fissuration de la chape en la fractionnant ; Prévoir des bandes de rive ; Si le support est une chape anhydrite, prévenir son mouillage.
 - . Documentation : 'La pathologie des peintures', RABATE, J-L, Le Moniteur, Paris 1983.
- Lame d'air ventilée :
 - » Espace trop faible entre "Panneau laine pierre léger" et "Aluminium" (épaisseur minima recommandée : 5 cm).

Listing des défauts de conception constatés

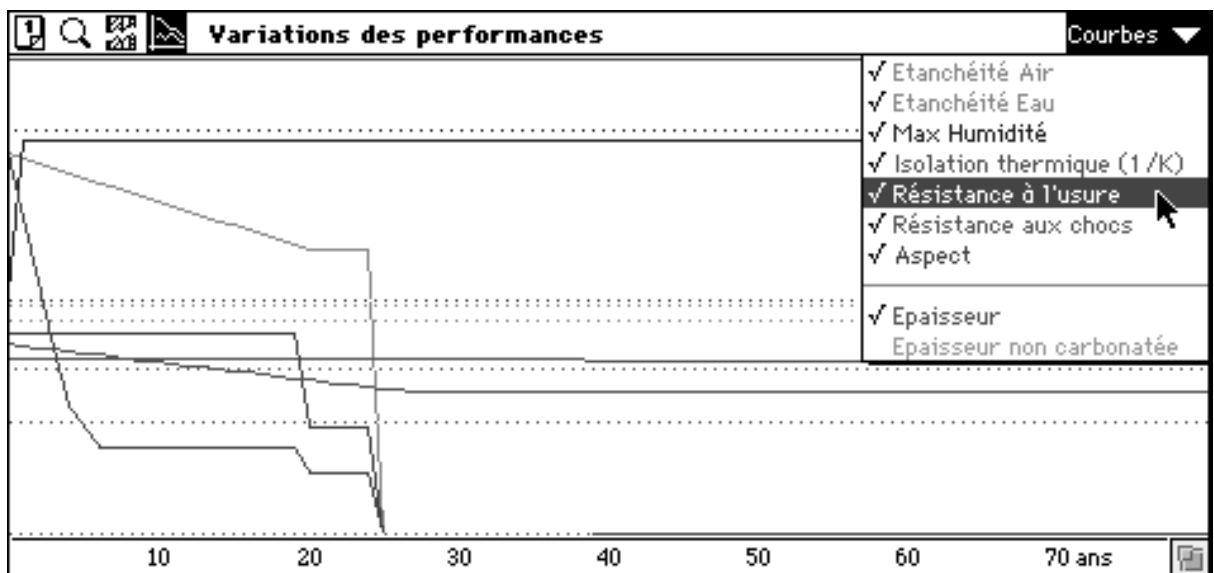
Dans la deuxième partie de l'analyse, AMB simule le vieillissement de la paroi. Il délivre un agenda des événements affectant la paroi, avec un indicateur de la gravité des désordres. Autant que faire se peut, le logiciel expose la cause du désordre et les remèdes possibles.

Evénements			
1993	<input type="checkbox"/>	Aluminium : Risques de condensation hivernale.	Humidité
2009	<input checked="" type="checkbox"/>	Béton non armé (3) : Totalemement carbonaté.	Alcalinité
2010	<input checked="" type="checkbox"/>	Béton non armé (1) : Totalemement carbonaté.	Alcalinité
2011	<input checked="" type="checkbox"/>	Béton non armé (3) : Dégradation d'aspect.	Aspect
2017	<input checked="" type="checkbox"/>	Treillis d'armature (1) : Début de corrosion.	Résistance statique
2032	<input checked="" type="checkbox"/>	Plot creux béton : Dégradation d'aspect.	Aspect

Début de corrosion.
 . La corrosion se traduit par une diminution de l'épaisseur saine du matériau, mais aussi d'un gonflement qui peut provoquer déplacement ou fissuration des couches proches.
 . Dans le cas des bétons armés, il faut contrôler visuellement la paroi, et protéger le béton de la carbonatation et de la pénétration d'eau (étanchéification à l'air et à l'eau).
 Si des traces de corrosion existent, il faut piquer le béton, traiter les armatures, puis reboucher.

Agenda des événements de paroi

L'évolution des performances de la paroi peut être visualisée sous forme de courbes; l'analyse des influences des contraintes sur la durabilité en est facilitée. Chaque courbe peut être ou non affichée; le nombre de courbes dépend du rôle attribué à la paroi.

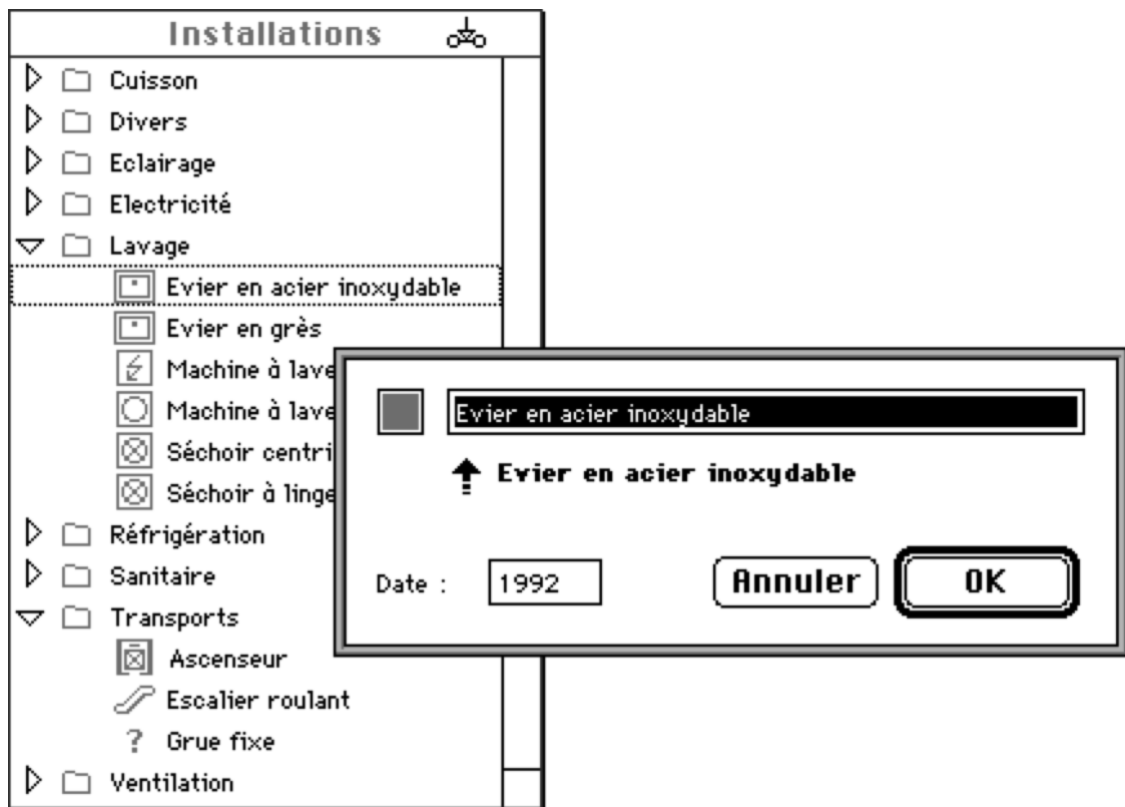


Courbes d'évolution des performances

La simulation et le contrôle de l'efficacité des rénovations se fait dans la même fenêtre d'édition de la paroi, en remplaçant ou rajoutant certains matériaux. On peut également, pour chaque couche, indiquer une fréquence de rénovation dont le logiciel tiendra compte pour l'analyse, en remplaçant à échéance les couches choisies.

La description des installations est encore plus simple que celle des parois. Il suffit de glisser ces objets depuis le catalogue global vers le plan ou la fenêtre de liste des éléments. Chacune des installations peut être renommée et colorée. L'analyse de la durabilité d'une installation n'est pas calculée comme celle des parois, mais se limite à l'affichage d'un événement signalant sa défaillance probable. La durée de vie de l'installation est basée sur une étude statistique réalisée auprès d'architectes et de régisseurs; en effet, il s'agit dans la plupart des cas d'objets industriels largement testés et validés, sur lesquels l'environnement ou la mise en œuvre n'ont que peu d'incidence.

La description des installations d'un bâtiment n'a donc comme utilité, dans cette version d'AMB, que de fournir une check-list des équipements à visiter lors de contrôles de routine. Dans les versions ultérieures, la présence d'installations particulières dans un milieu intérieur donné permettra d'affiner les performances et contraintes des parois environnantes.



Description d'une installation

Au niveau général du bâtiment, AMB combine les informations en provenance des différentes parois et installations, et affiche un condensé des défauts de conception rencontrés, la liste des points singuliers à contrôler, ou encore l'agenda détaillé.

