



Dérivés d'aïoli

HERVÉ THIS

De délicieuses émulsions faites à partir de n'importe quel végétal, viande ou poisson.

Partons de l'aïoli, le vrai, celui qu'on fait, en Provence, en pilant de l'ail auquel on ajoute de l'huile d'olive, sans addition de jaune d'œuf. C'est une émulsion, c'est-à-dire une dispersion de gouttelettes d'huile dans l'eau de l'ail.

Pourquoi cette sauce est-elle stable (relativement), alors que le mélange d'huile et d'eau se sépare ? Parce que l'ail apporte des molécules dites tensioactives qui enrobent les gouttelettes d'huile et préviennent leur fusion. L'aïoli est une sauce apparentée à la mayonnaise, où les molécules de lécithines, provenant du jaune d'œuf, sont tensioactives.

Éloignons-nous de la recette traditionnelle pour inventer nos premières variations : l'échalote, qui appartient à la même famille végétale que l'ail, contient-il également des molécules tensioactives qui nous permettraient de faire de l'«échalotoli» ? Et de l'«oignoli» à partir d'oignons ? La réponse expérimentale est concluante : il suffit de pilonner l'échalote ou l'oignon avec de l'huile pour obtenir ces nouvelles émulsions. Au pire doit-on ajouter un peu d'eau, afin de faciliter la réalisation (dans certaines recettes d'aïoli, on conseille, ainsi, d'ajouter un morceau de pain trempé dans du lait). Restera ensuite à imaginer des plats où l'on utilisera ces deux nouvelles sauces. Aux Chefs de jouer...

D'autres végétaux que les liliacées contiennent-ils également des tensioactifs ? Les cuisinières et cuisiniers savent que la moutarde permet, quand on s'y prend bien, de réaliser des vinaigrettes émulsionnées : la moutarde, aussi, contient des molécules tensioactives utiles à la stabilisation des émulsions. Mais dans les autres végétaux ?

Toutes les cellules, qu'elles soient végétales ou animales, contiennent des compartiments limités par des membranes : ces dernières sont composées de molécules de phospholipide, avec une queue lipidique, insoluble dans l'eau, et une partie soluble dans l'eau. Dans les cellules vivantes, ces molécules de phospholipides forment des doubles couches, parce que les queues hydrophobes se regroupent, tandis que leurs têtes hydrophiles sont au contact de l'eau, dans les

divers compartiments cellulaires. Ces molécules abondent et ce sont de bons tensioactifs. Pourrait-on les utiliser pour monter une émulsion ?

Pilons, par exemple, une courgette, en ajoutant de l'huile goutte à goutte : nous obtenons une sauce épaisse que, par analogie, nous nommerons «courgettoli». Puis, passons du règne végétal au règne animal : les cellules animales contiennent aussi des membranes. Pilons un cube de viande bœuf en ajoutant de l'huile : nous obtenons du «boeufoli». Ainsi, de n'importe quel végétal ou animal, nous savons que nous pouvons faire une sauce

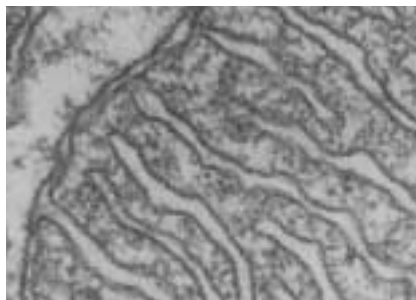
de bien savoureuse. En revanche, les molécules de protéines contribuent à la stabilité des diverses sauces que nous pouvons confectionner à partir de viande, de poisson ou de végétaux.

Des émulsions, passons maintenant à des systèmes physiques analogues : les mousses, composées de bulles d'air dispersées dans un liquide ou dans un solide. Il y a quelques mois, nous avons considéré dans cette rubrique une mousse de chocolat, le «Chocolat Chantilly», que l'on obtient par fouettage d'une émulsion de chocolat. Pourrait-on généraliser le procédé ?

La proposition, ce mois-ci, est l'utilisation du fromage, qui contient une grande quantité de matière grasse et des molécules tensioactives, les caséines, qui servent à disperser les gouttelettes de matière grasse du lait dans celui-ci. Pour obtenir une mousse de fromage, confectionnons d'abord une émulsion de fromage, en chauffant une casserole où nous aurons placé de l'eau et du fromage, par exemple des crottins de Chavignol. Agitons doucement : nous obtenons une sauce lisse et épaisse, que le microscope révèle composée de gouttelettes dispersées dans l'eau (pour avoir un goût plus relevé, nous pouvons remplacer l'eau par du vinaigre concentré par ébullition) : par analogie avec la sauce béarnaise, nous nommerons cette préparation «béarnaise de fromage».

Pour obtenir la mousse souhaitée, reprenons le procédé qui permet de passer de crème (une émulsion de matière grasse du lait dans l'eau) à une crème fouettée : on refroidit en fouettant. Ici, on met la casserole au congélateur pendant une dizaine de minutes, puis on fouette vigoureusement : on obtient alors un «Crottin de Chavignol Chantilly». L'essai a été également réussi à partir de Roquefort, qui a donné du Roquefort Chantilly.

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science le 25 janvier 1997, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.



Les cellules végétales ou animales sont pleines de membranes, composées de molécules tensioactives (en haut, les membranes d'une mitochondrie, organe de respiration des cellules). Ces molécules se disposent de sorte que les parties insolubles dans l'eau ne soient pas au contact de l'eau (en bas).

émulsionnée, pour peu que nous libérions les molécules de phospholipides, en les pilonnant, par exemple, avec de l'huile (nous devrons ajouter un peu d'eau, en début de préparation, quand les ingrédients choisis en contiennent trop peu).

Notons que les molécules de phospholipides ne sont pas les seules molécules tensioactives des cellules végétales ou animales : les protéines, également, ont souvent de bonnes propriétés émulsifiantes. La preuve : un blanc d'œuf fouetté avec de l'huile forme une émulsion remarquablement stable... mais d'une piètre saveur : le blanc d'œuf et l'huile n'ont rien

Pour lire plus aisément l'ancien français

Réalisation informatique d'un dictionnaire des verbes de l'ancien français.

Seuls quelques rares textes d'ancien français sont compréhensibles : la *Chanson de Roland* ou *Tristan et Iseult* sont parmi les plus connus. Qui traduira les nombreux manuscrits oubliés dans le ventre de la Bibliothèque de France ? Le déchiffre d'un texte prend plusieurs années

à un philologue averti, et les progrès resteront lents... sauf si l'on établit un programme d'aide à la traduction. C'est là l'entreprise de Hava Bat-Zeev Shyldkrot, de l'Université de Tel Aviv, et de l'équipe de Maurice Gross, à l'Université Paris VII.

Aujourd'hui les dictionnaires d'ancien français ne sont abordables que par des experts et très difficilement utilisables. Dans les différents textes, les mots ont des orthographe différentes : la graphie unique du français ne s'impose qu'au XVII^e siècle et, jusqu'au XIX^e siècle, les incertitudes orthographiques subsistent. On écrit aussi bien *je poise* que *je pèse*, pour la pre-

mière personne du singulier du verbe *peser*, et le relatif moderne *qui* s'écrit indifféremment *chi*, *qui* ou *ki*. Pis encore, ces différences de graphie résultent de variations de dialectes, qui s'exprimaient également par des changements de construction de formes conjuguées, par exemple.

Comment faciliter l'édition des textes anciens ? En utilisant les ordinateurs. La première tâche sera d'enrichir le *corpus* des textes analysables.

Afin de rassembler un *corpus* aussi étendu que possible, H. Bat-Zeev Shyldkrot et ses collègues normalisent les textes déjà saisis par d'autres chercheurs ou éditeurs, et ils saisissent directement de nouveaux textes, soit par frappe, soit par un système de lecture optique.

Puis, à l'aide du programme INTEX, mis au point à l'Université Paris VII, H. Bat-Zeev Shyldkrot extrait les formes qui se retrouvent également en français moderne, et elle constitue ainsi la base d'un dictionnaire informatique de verbes qu'elle enrichit des formes analysées ensuite une à une.

Dans un tel fichier, on trouve, à côté de chaque forme verbale, le modèle de conjugaison auquel elle correspond. Seront énumérés tous les verbes qui apparaîtront dans les textes dépouillés, les verbes qui existent encore en français contemporain tout comme ceux qui ont disparu de la langue.

Chaque forme rencontrée est accompagnée de sa forme de base et du texte où on l'a trouvée. Par exemple, *aparlé* qui signifie «dit», vient de *aparer*, la forme du participe passé masculin singulier d'un verbe du premier groupe, le verbe *aparer*. Il figure dans le dictionnaire avant les entrées *apartient* et *apartint* :

Aparlé, *aparer*. V : Kms

Apartient, *apartenir*. V : P3s

Apartin, *apartenir*. V : J3s.

Dans une telle entrée, les abréviations signifient : V, verbe ; P, présent, K, participe passé ; m, masculin ; J, parfait ; s, singulier.

Sept textes ont été ainsi indexés, et toutes les constructions possibles des verbes ont été réunies sous la forme de graphes, qui montrent les relations entre les formes équivalentes. Plus les textes déjà analysés seront nombreux, plus l'analyse des nouveaux textes sera aisée.



Le *Roman de Renart* est un texte célèbre, traduit depuis longtemps, mais bien d'autres trésors littéraires attendent une traduction.

La vérification des programmes d'Ariane

Une gestion d'ensemble de la fiabilité des programmes utilisés sur le lanceur Ariane 5.

En 1996, l'échec du premier vol d'Ariane 5, dû à une erreur de logiciel, plonge l'industrie spatiale européenne dans le désarroi. L'Aérospatiale est alors dotée d'une mission d'architecte logiciel : les ingénieurs doivent gérer l'ensemble des logiciels des équipements du lanceur, alors qu' auparavant, ces logiciels étaient gérés indépendamment.

À l'Institut national de recherche en informatique et automatique (INRIA), nous avons mis au point de nouvelles méthodes de vérification de programmes. Durant la préparation au tir Ariane 502, nous avons appliqué ces méthodes aux programmes du calculateur de bord ainsi qu'à ceux de la centrale à inertie.

Le calculateur de bord traite les données de la navigation, de guidage, de pilotage, du séquentiel de vol (la succession des phases de vol), ainsi que la gestion des étages et des redondances d'équipements. La centrale à inertie calcule, à partir des mesures des gyromètres et des accéléromètres, la position et la vitesse du lanceur. Les programmes qui gèrent l'ensemble de ces tâches sont composés de près de 100 000 lignes.

Le travail principal de l'architecte logiciel est d'assurer la compatibilité entre les différents logiciels dans tous les modes de fonctionnement, y compris en présence de panne, et d'apporter la preuve du bon fonctionnement. Cette preuve

consiste à montrer que le logiciel premièrement ne provoque pas d'erreur d'exécution, par exemple, de dépassement de la capacité de calcul sur des nombres réels ou un conflit d'accès à une variable ; deuxièmement produit les résultats en temps voulu, en particulier, ne boucle pas indéfiniment ; troisièmement donne des résultats conformes à sa spécification lorsque l'exécution du logiciel se déroule sans erreur et sans boucle infinie.

La vérification d'un programme commence par des tests. On réalise des tests unitaires, où chaque sous-programme du logiciel est testé indépendamment, des tests d'intégration qui examinent le bon fonctionnement de l'ensemble du logiciel et, enfin, des tests de validation fonctionnelle, où l'on vérifie le bon fonctionnement en situation réelle, lorsque les capteurs, les vérins qui commandent les tuyères et les logiciels sont interconnectés. Malheureusement ces tests ne permettent pas d'affirmer qu'un logiciel est correct, car on ne teste qu'un sous-ensemble fini des exécutions possibles.

Pour les programmes d'Ariane 5, nous avons utilisé l'analyse statique : nous avons construit un logiciel qui calcule automatiquement des propriétés du programme à vérifier, par exemple, les valeurs possibles des variables du programme lors de son exécution. Si i est une variable entière du programme, une propriété ainsi calculée est, par exemple, que i est un entier premier, impair, compris entre un et dix. Formellement, toutes les propriétés du programme sont solutions d'un système d'équations dont la résolution demande un temps de calcul infini. Aussi, remplace-t-on ce système par un système approché qui ne donne qu'une partie des propriétés du programme, telle que celle mentionnée précédemment. Pour cette

BRÈVES

Le concerto qui n'existait pas

Peut-on ressusciter le génie de Mozart en composant une fausse symphonie? David Cope, de l'Université de Santa Cruz, et son ordinateur ont réalisé ce prodige. D. Cope sépare un ensemble de partitions en une série de fragments. Le programme détermine ensuite comment ces fragments peuvent se combiner. Avec cette grammaire musicale, le programme compose des morceaux dont le style ressemble à celui de Mozart. À s'y tromper...



L'origine du blé

L'épeautre, céréale sauvage dont le blé est issu, a été domestiqué il y a environ 10 000 ans dans la zone du Croissant fertile au Proche-Orient. Où exactement? Manfred Heun, de l'Université agricole de Norvège, a déterminé les différences génétiques entre 260 variétés actuelles d'épeautre. Une dizaine d'entre elles se distinguent, et sont très proches des variétés domestiques. Elles sont originaires du Karacadag, massif montagneux au Sud-Est de la Turquie : là serait le foyer d'origine de l'agriculture européenne.

Mammographie sans risque

Des chercheurs de l'Institut de technologie du Massachusetts ont conçu une méthode de détection du cancer du sein plus sûre que la mammographie classique à rayons X. Le rayonnement infrarouge utilisé traverse les tissus humains sans provoquer de dommage, mais les images produites sont peu contrastées. Pour y remédier, les médecins injectent un colorant dans le sein et utilisent un programme informatique qui augmente le contraste, de sorte que l'on distingue les tumeurs malignes des tissus sains.

L'irradiation de la viande

Les autorités américaines ont autorisé la mise sur le marché de viandes rouges irradiées. Cette technique, qui utilise le rayonnement gamma, stérilise les viandes en détruisant toute contamination par des bactéries, notamment par *Escherichia coli*. Les délais légaux de publication et la mise en place d'unités de traitement adaptées font que les premières viandes rouges irradiées ne seront pas sur le marché, aux États-Unis, avant l'été 1998.

Suite page 22



Outre les tests où l'on vérifie, en situation réelle, le bon fonctionnement de l'ensemble des logiciels (à gauche, la tuyère du moteur d'Ariane 5), l'analyse statique permet une vérification automatique des programmes.

Néandertal cannibale?

Les ossements d'hommes ayant vécu il y a 130 000 ans découverts au début du siècle dans la grotte de Krapina, en Croatie, sont-ils les reliefs d'un repas de Néandertaliens anthropophages? Marylène Patou-Mathis, de l'Institut de paléontologie humaine, a réexaminé ces restes, qui appartenaient à environ 80 individus: ils portent des marques de décharnement analogues à celles que l'on trouve habituellement sur le gibier, et des os longs ont été fracturés, comme pour en extraire la moelle. En outre, cette population est anormalement jeune: les individus jeunes étaient-ils plus faciles à capturer?

Autoréplication

La vie passe par la reproduction. Takanori Shibata, de l'Université de Tokyo, a observé la reproduction, non de cellules, mais de molécules: des molécules de la classe des 1,2-amino-alcools participent à des réactions où elles sont dupliquées. Ces réactions conservent la «chiralité» des molécules. Est chirale une molécule qui n'est pas superposable à son image dans un miroir, comme un gant gauche n'est pas superposable à un gant droit. La chiralité est une importante caractéristique de la vie: pourquoi tous les acides aminés, par exemple, sont-ils chiraux? Les réactions observées à Tokyo nous éclairent sur l'apparition de la vie et confèrent aux chimistes un nouveau moyen de synthétiser des molécules chirales, importantes en pharmacie.

Pas d'oscillations des neutrinos

Selon les résultats de l'expérience menée à la centrale nucléaire de Chooz, dans les Ardennes, les neutrinos électroniques n'«oscillent» pas. Les neutrinos existent en trois «saveurs»: électronique, muonique et tauique. Si les neutrinos ont une masse, ils peuvent se changer les uns en les autres, autrement dit «osciller». Pour le vérifier, les physiciens ont enregistré le flux de neutrinos à un kilomètre du réacteur de la centrale, une puissante source de neutrinos électroniques. Le flux mesuré fut celui qui était attendu: aucun neutrino électronique ne s'était perdu en route, en changeant sa saveur. Toutefois, il est possible que les neutrinos muoniques oscillent, ce qui expliquerait que l'on observe moins de neutrinos solaires muoniques qu'attendu.

propriété énoncée, une propriété «approchée» extraite de l'analyse serait que i est un entier impair, compris entre un et dix (on a abandonné la contrainte que i est premier).

Le système résolu, on utilise ces propriétés du programme pour vérifier l'absence d'erreurs. Aux points du programme où ces propriétés approchées sont vérifiées, il n'y aura pas d'erreur. Par exemple, l'analyse permet d'affirmer qu'il n'y aura pas d'erreur lorsque le programme utilise i comme indice d'un tableau à neuf éléments, car, dans ce cas, l'ensemble des valeurs que peut prendre i , {1, 3, 5, 7, 9}, est inclus dans l'ensemble des indices licites du tableau {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}. En revanche, si i est utilisé en un point du programme comme indice d'un tableau à huit éléments, l'erreur en ce point est possible, car l'ensemble {1,

3, 5, 7, 9} n'est pas inclus dans l'ensemble des valeurs licites {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8}. L'existence d'une incorrection aux points du programme où les propriétés ne sont pas vérifiées sert de signal d'alarme: il faut vérifier les passages du programme incriminés. Ces analyses limitent le travail de vérification «manuelle» à quelques pour cent du programme.

Contrairement aux tests qui vérifient un programme dans un nombre fini de cas, cette analyse dite statique vérifie le bon fonctionnement d'un programme pour un nombre de cas non borné. Cette étude constitue une première, car elle est appliquée à des programmes industriels de grande taille: elle a contribué à l'amélioration de la sûreté de fonctionnement des logiciels d'Ariane 5.

M. TURIN, *Aéropatiale*, Les Mureaux
A. DEUTSCH, G. GONTHIER, INRIA, Paris.

Toxines de serpent

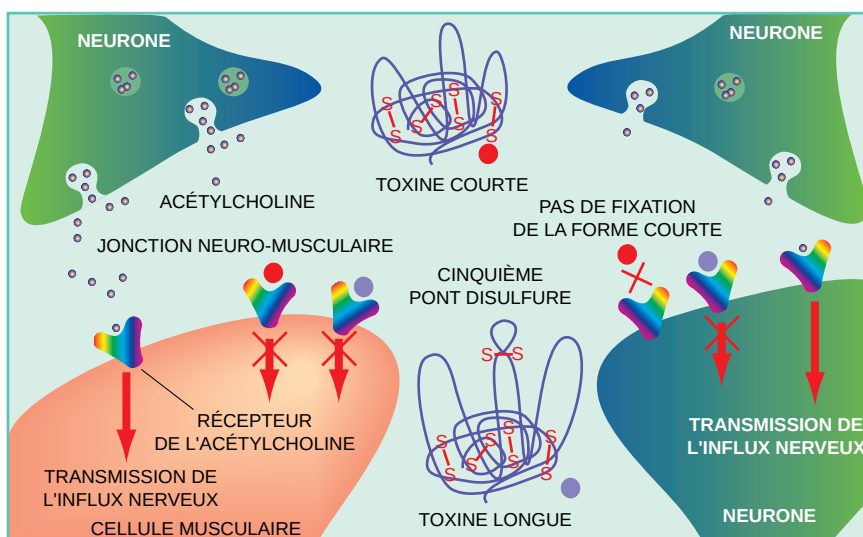
L'identification des cibles des toxines permettra de mieux prévenir leurs effets.

Les serpents capturent leurs proies et les immobilisent grâce aux toxines de leur venin. Certaines toxines endommagent les capillaires, nécrosent les tissus ou déclenchent des hémorragies; d'autres bloquent le fonctionnement des systèmes nerveux et cardiovasculaire ou encore des muscles. Certains serpents produisent deux types de toxines

qui semblaient avoir la même fonction, redondance qui laissait les biologistes perplexes. En collaboration avec une équipe suisse, André Ménez et ses collègues du CEA ont montré qu'une des classes de toxines a une propriété dont l'autre classe est dépourvue.

L'acétylcholine est un neuromédiateur qui assure la transmission de l'influx nerveux entre les neurones, et entre les neurones et les cellules des fibres musculaires. L'acétylcholine transmet l'influx nerveux aux récepteurs des muscles et déclenche leur contraction.

Les venins des serpents hydrophiidés (des serpents des mers chaudes) et éla-



L'acétylcholine est un neuromédiateur qui assure la transmission de l'influx nerveux vers les cellules musculaires (à gauche). Quand les toxines (sphères rouges pour les courtes et sphères bleues pour les longues) se fixent sur les récepteurs de l'acétylcholine, le neuromédiateur n'agit plus, les contractions musculaires sont bloquées, notamment les contractions spontanées du diaphragme, qui assurent la respiration. Les toxines longues agissent sur les récepteurs des muscles et des neurones, les toxines courtes uniquement sur les récepteurs des muscles.

Suite page 24

pidés (le cobra, par exemple) produisent des toxines qui, comme le curare, se fixent sur les récepteurs de l'acétylcholine des jonctions neuro-musculaires, où elles bloquent la transmission nerveuse et, par conséquent, la contraction musculaire ; elles paralysent l'ensemble des muscles, dont le diaphragme, ce qui entraîne un arrêt respiratoire.

Les toxines curarisantes sont classées en deux familles : les toxines à chaîne courte et celles à chaîne longue. Les deux types de toxines agissent sur les récepteurs de l'acétylcholine des cellules musculaires.

A. Ménez et ses collègues ont découvert que les toxines longues ont une deuxième cible : elles se fixent aussi sur un autre type de récepteurs de l'acétylcholine présent sur la membrane des neurones (pour le moment, on l'a isolé chez le poulet, mais il existe vraisemblablement chez tous les vertébrés). En se liant à ce second type de récepteurs, la toxine bloque la transmission du message nerveux entre les neurones. Les toxines à chaîne courte ne reconnaissent pas ce récepteur.

Cette différence tient à la structure des toxines : elles sont constituées de trois boucles adjacentes qui émergent d'une zone centrale stabilisée par quatre ponts disulfure (des liaisons entre deux atomes de soufre) ; le site curarisant des toxines courtes ou longues, c'est-à-dire la région qui reconnaît les récepteurs musculaires, est constitué d'une dizaine d'acides aminés. Seules les chaînes longues ont une petite boucle supplémentaire maintenue par un cinquième pont disulfure au bout de la boucle centrale (voir la figure). C'est le site de reconnaissance des récepteurs neuronaux. En éliminant ce pont, les biologistes ont obtenu une toxine à chaîne longue qui se comporte comme une toxine à chaîne courte : elle agit toujours sur les récepteurs musculaires, mais ne reconnaît plus les récepteurs neuronaux.

Si la fixation des toxines sur les récepteurs des jonctions neuro-musculaires entraîne une paralysie musculaire, la fixation des chaînes longues sur les récepteurs de type neuronaux serait, peut-être, partiellement responsable de l'état de prostration des personnes mordues par un cobra.

Cette découverte devrait aider les neurobiologistes à identifier d'autres récepteurs de l'acétylcholine neuronaux : en réalisant des mutations aléatoires sur la toxine longue, ils espèrent créer toute une série de molécules «hameçons» qui se fixeront sur des récepteurs neuronaux encore inconnus.

Catherine PERRIN

Modélisation de la baie du Mont-Saint-Michel

Une maquette de la baie évalue les variations de l'ensablement.

Intégré au patrimoine mondial par l'UNESCO, le Mont-Saint-Michel est menacé par la progression de la végétation. Progressivement, les sables rapportés par la mer risquent de combler la baie. Or, les principales constructions de l'abbaye datent des XII^e et XIII^e siècles, mais l'ensablement est récent. Quelle en est la cause ? La digue construite il y a une centaine d'années pour faciliter l'accès à l'abbaye est-elle responsable de l'ensablement progressif ? Le cours du Couesnon qui se jette dans la baie a été perturbé par la digue ; l'élimination de cette dernière permettrait-elle au Couesnon d'évacuer à nouveau les sédiments ? Pour le savoir, les ingénieurs de la Société grenobloise d'études et d'applications hydrauliques, la SOGREAH, ont construit une maquette de la baie ; ils modélisent les courants et l'évolution des fonds de la maquette.

La maquette de la baie – la zone ensablée et la côte – mesure 48 mètres sur 24. Si l'échelle sur le plan est au 1/400, elle est supérieure pour les dénivellations verticales (1/65). En effet, les ingénieurs ont dû adapter les dimensions de la maquette et les matériaux utilisés pour que les phénomènes de turbulence soient convenablement modélisés.

Ainsi, la densité et la granulométrie du «sable» et des sédiments utilisés ont été adaptées aux débits d'eau : le sable aurait été trop lourd, si bien que des particules de nacre, plus légères, mais de diamètre voisin, simulent le sable et que de la sciure simule les sédiments

en suspension transportés par la mer. À chaque «marée», 150 mètres cubes d'eau sont déversés par des pompes dont le débit est constant et évacués par des vannes de débit variable (l'eau est recyclée). Grâce à ces vannes, on simule le flot (la marée montante, dont le débit est rapide) et le jusant (la marée descendante, plus lente). Si, dans la baie du Mont-Saint-Michel, la mer monte en cinq heures, elle descend en plus de sept heures ; sur la maquette, 15 minutes séparent deux marées hautes. Les pompes d'alimentation et les vannes d'évacuation sont pilotées par un micro-ordinateur qui impose une loi de variation de la hauteur de l'eau dans la baie. Sur un cycle annuel, on simule aussi les périodes de vives eaux et celles de mortes eaux.

Au cours de la période de validation du modèle, Éric de Crouette et ses collègues de la SOGREAH ont adapté les différents paramètres pour que les courants, qui ont été relevés en 1975, soient correctement reproduits. Ils ont notamment adapté la charge de sédiments à injecter dans l'eau «montante» pour reproduire la situation réelle. En comparant le relevé des fonds réalisés en 1997 et celui de 1975, ils ont vérifié que le sol de la maquette évolue comme les fonds de la baie du Mont-Saint-Michel.

Lorsque le modèle aura été définitivement validé, les ingénieurs évalueront l'évolution de la baie d'ici 40 ans, si la digue reste en l'état. Puis, ils étudieront comment la baie se comporterait dans diverses configurations, notamment le retrait partiel de la digue, le remplacement de la digue actuelle par une digue sur piles (un pont passerelle) ou encore une nouvelle gestion du barrage du Couesnon, augmentant l'entrée d'eau de mer dans le fleuve. Les résultats de ce projet, partenariat entre l'État et diverses collectivités locales, devraient être connus au cours de l'été 1998.



Eric de Crouette/SOGREAH

La maquette de la baie du Mont-Saint-Michel, à «marée basse».