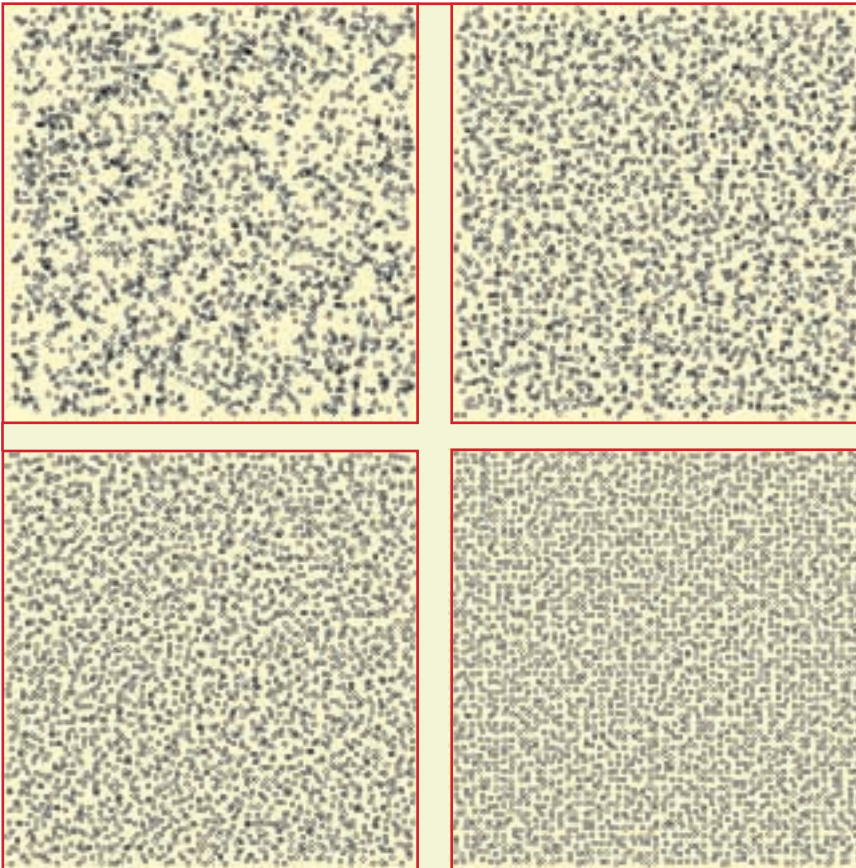




Dans ces quatre répartitions de points, l'une d'elles a été obtenue en choisissant 900 fois de suite un point quelconque dans le carré sans favoriser aucune partie de la surface, chaque point étant déterminé indépendamment des autres. Les trois autres répartitions sont biaisées, soit de façon à éviter que les points ne se rapprochent trop, soit au contraire de façon que les points s'agglomèrent plus qu'ils ne le font lors de choix indépendants. Quelle est la répartition uniforme?

C'est la première. Rares sont ceux qui la désignent, car elle semble contenir trop de groupes agglomérés. Nous avons une mauvaise intuition du hasard, que nous ne savons ni reconnaître, ni produire. Cette perception inexacte du hasard est une insuffisance de l'intelligence qu'exploitent *Shannon* et *Sagace*.

Pierre/Ciseau/Papier ou Alésia. On y obtient des résultats comparables, avec, dans le cas d'Alésia, une propriété supplémentaire qui ne pouvait pas apparaître avant : certains coups sont mauvais dans l'absolu (car stratégiquement inadaptés, ce qui n'existe pas à *Pair ou impair*, ni dans *Pierre/Ciseaux/Papier*) et *Sagace* finit à la longue par le découvrir. Il fait alors évoluer son jeu de règles pour prendre en compte les connaissances acquises par l'expérimentation (un humain attentif peut découvrir ces règles par analyse logique et mathématique et les bons joueurs d'Alésia, bien sûr, les connaissent).

Sur une série de 50 parties au jeu d'Alésia, les bons joueurs aussi se font battre par *Sagace*, même son créateur, Ch. Meyer! La raison en est que *Sagace* associe un bon jeu logique (certains coups doivent être évités, d'autres sont préfé-

rables dans une certaine proportion de cas, et *Sagace* le sait par sa base de règles) et un bon jeu psychologique : il exploite les faiblesses particulières des joueurs humains qu'il repère en cours de partie. L'expérience tirée d'Alésia suggère d'ailleurs que, dans un programme de jeu d'Échecs, l'introduction de techniques analogues à celles de *Sagace* pourrait conduire à des programmes adaptatifs plus pédagogiques et donc plus susceptibles de faire progresser un joueur humain.

PRÉVISIBILITÉ HUMAINE

De même, les techniques utilisées dans *Sagace* devraient servir à la conception d'interfaces intelligentes qui rendraient plus agréable l'utilisation des futurs ordinateurs : un tel système serait capable d'analyser nos habitudes, de façon à

rendre plus attrayant le commerce avec les cervelles de silicium. C'est l'un des objectifs de Ch. Meyer.

S'il se révélait que la Bourse ou les marchés financiers se prêtaient à une approche psychologique analogue à celle utilisée pour les jeux d'anticipation, le léger biais en faveur de celui qui applique la technique *Sagace* pourrait peut-être lui rapporter des fortunes. Les succès des stratégies *Shannon* et *Sagace* proviennent en fait de ce que l'être humain – contrairement à ce qu'il croit de lui-même – est partiellement prévisible et n'est donc pas adapté à de tels jeux. Cela est la conséquence de plusieurs facteurs :

- il a de faibles capacités de mémoire (et, par exemple, confronté à une stratégie périodique de période assez longue, le plus souvent il ne le voit pas) ;
- il est incapable d'engendrer un authentique hasard et, quand il croit le faire, il se trompe, reproduisant les mêmes séries ou, en tout cas, ne faisant pas varier son comportement uniformément comme un tirage au sort le ferait ;
- il tend à se comporter identiquement dans des circonstances proches, et cela même s'il essaie de lutter contre cette tendance pour tromper un ennemi par lequel il se sait épié ;
- il manque d'imagination et n'utilise pas toutes les possibilités combinatoires que le jeu autorise.

Malgré la haute idée qu'il a de lui-même, l'être humain ne possède que de bien faibles capacités dans le traitement de l'information ; ces insuffisances limitent ses performances dans des situations où il fallait, pensait-on, de l'intelligence (mot vague). Heureusement (pour notre vanité), l'Intelligence artificielle se heurte à d'autres obstacles qu'elle ne franchira vraisemblablement pas de si tôt : compréhension du langage naturel, traduction automatique, analyse d'images, robots autonomes, imagination, créativité, et bien d'autres...

C. Meyer SAGACE, Applications aux jeux à informations complètes et imparfaites. Thèse soutenue le 29 juin 1999 à l'Université de Paris 6.

B. GUERRIEN, La théorie des jeux, Economica, Paris, 1995.

J.-P. DELAHAYE et Ph. MATHIEU, Des surprises dans le monde de la coopération, Dossier Pour la science : Les mathématiques sociales, 1999.

C. MEYER, J.-G. GANASCIA et J.-D. ZUCKER, Learning Strategies In Games by Anticipation. Proceedings of the 15th International Joint Conference on Artificial Intelligence, 1997, Morgan Kaufman Ed.

C.E. SHANNON, A Mind-Reading (?) Machine, Bell Lab., March 1953.

DU TEMPS DES DINOSAURES AU TEMPS DES OISEAUX ET DES MAMMIFÈRES...

– à quelque chose malheur est bon! –

Journée scientifique au Palais de la découverte avec le parrainage de la Société géologique de France,
en collaboration avec la revue Pour la Science

Mercredi 24 novembre 1999

AU TEMPS DES DINOSAURES

9h Visite de l'exposition "Dinosaures" du Palais de la découverte (reconstitutions animées, fossiles illustrant leurs modes de vie, leur métabolisme, jeux et ... volière!)

9h50 Accueil par Jean Audouze, Directeur du Palais de la découverte

10h Jean Le Lœuff, Conservateur du Musée des dinosaures d'Esperaza

"La diversité des derniers dinosaures"

10h30 Jean-Michel Mazin, Directeur de recherche au CNRS

"Les reptiles volants au temps des dinosaures"

11h Eric Buffetaut, Directeur de recherche au CNRS

"Dinosaures à plumes et oiseaux du Crétacé"

11h30 Discussion

MAUVAIS TEMPS POUR LES DINOSAURES ET LES AUTRES!

14h Robert Rocchia, physicien au CEA, Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement

"Quand une météorite géante s'écrase sur la Terre"

14h30 Claude Babin, professeur honoraire de l'Université de Lyon

"Cinq extinctions majeures : Terre et vie, une même histoire"

BEAU TEMPS POUR LES OISEAUX ET LES MAMMIFÈRES!

16h Armand de Ricqlès, professeur au Collège de France

"L'origine dinosaurienne des oiseaux : hérésie ou quasi-certitude?"

16h30 Cécile Mourer-Chauviré, Directeur de recherche CNRS

"Après les dinosaures, la radiation explosive des oiseaux modernes"

17h Jean-Louis Hartenberger, Directeur de recherche CNRS

"De l'ère des reptiles à l'explosion des mammifères"

17h30 Discussion

18h Apéritif - spectacle

Quelques saynètes des *1001 nuits de la science*,
dites par Daniel Raichwarg, avec chant et accordéon

**Entrée gratuite après inscription
obligatoire auprès
de Christiane Sabouraud
(01 40 74 80 52, répondeur)**





Le vélum du Colisée

PHILIPPE FLEURY

Le montage virtuel précise la reconstitution de la machinerie.

Et *uela erunt* : «et il y aura des voiles». Ainsi se termine une inscription «publicitaire» peinte qui annonce un combat de gladiateurs sur un mur de Pompei. Ces voiles (*uela*, pluriel de *uelum* qui a donné «vélum» en français) sont des toiles de protection, qui étaient tendues au-dessus de l'amphithéâtre pour protéger les spectateurs du soleil. L'équipe pluridisciplinaire de la Maison de la recherche en sciences humaines de l'Université de Caen, qui reconstitue virtuellement la Rome antique, a, pour modéliser complètement le Colisée, simulé sur ordinateur le montage de son vélum. Cette simulation précise la disposition et le fonctionnement de la machinerie de treuils, de poulies et de câbles qui y était associée.

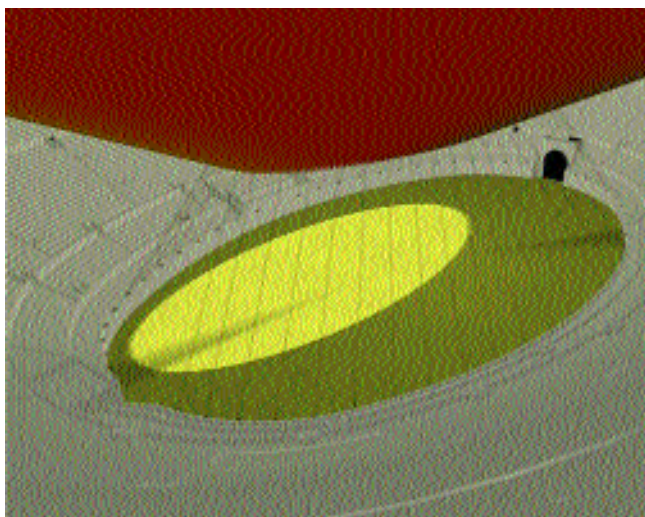
Plusieurs textes latins mentionnent des vélums, et des amphithéâtres et des théâtres portent encore des traces des systèmes de montage, mais nous ne disposons d'aucune description précise de ces appareils. Des hypothèses avaient été dessinées, mais jamais nous n'avions eu de vue d'ensemble du système et, surtout, jamais le fonctionnement n'avait été testé en «grandeur réelle» : la reconstitution et la mise en mouvement informatiques d'un système obligeant, comme pour un système réel, à ne négliger aucun détail.

Notre reconstitution est fondée sur les restes du Colisée et sur les techniques disponibles au 1^{er} siècle de notre ère (pour ce qui concerne les poulies, les cordes et les toiles). Nous avons conservé l'hypothèse, déjà émise avant nous, d'une décomposition du vélum en bandes trapézoïdales, déroulées entre des

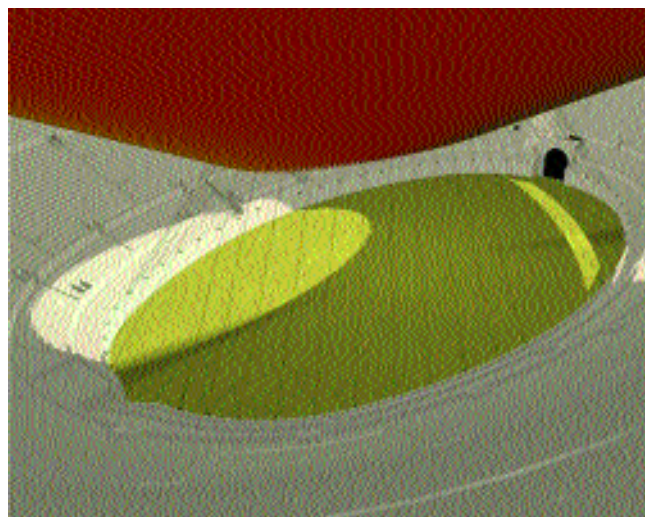
mâts plantés sur la corniche supérieure de la façade et un grand anneau central. Ce découpage de la toile facilitait sa manœuvre (la surface totale du vélum est d'environ 22 000 mètres carrés, soit un poids total de l'ordre de 12 tonnes à sec). Les trous encore visibles, ou dont nous pouvons reconstituer l'emplacement, indiquent qu'il y avait 240 mâts, d'une section de 45 centimètres sur 55 centimètres ; les calculs de résistance et de force de levage nous font proposer une hauteur de 23 mètres pour ces mâts.

Pour déployer le vélum, on levait d'abord l'anneau central, à l'aide de cordes tendues par des treuils et passant sur des poulies (de 80 centimètres de long) reliées aux mâts (*cordes a*). Une fois tendues et tournées autour de l'axe du treuil, les cordes remontaient jusqu'en haut des mâts, afin de diminuer le couple exercé sur ceux-ci par les cordes de l'intérieur : la modélisation a montré que l'ensemble des cordages (qui pèse environ 68 tonnes) et du vélum exerçait une forte traction vers l'intérieur de l'amphithéâtre. L'anneau central était hissé jusqu'à ce que les cordes qui le reliaient aux premiers rangs des gradins (*cordes d*) soient tendues. Les cordes que nous avons utilisées ont un diamètre de cinq centimètres, ce qui assure une résistance à la traction d'au moins 1 000 kilogrammes.

Les 240 pans du vélum étaient alors déroulés à l'aide de 240 cordages, fixés aux mâts (*cordes b*). Ils étaient soutenus par un quatrième réseau de cordes (*cordes c*), qui maintenaient aussi la forme elliptique de l'anneau central.

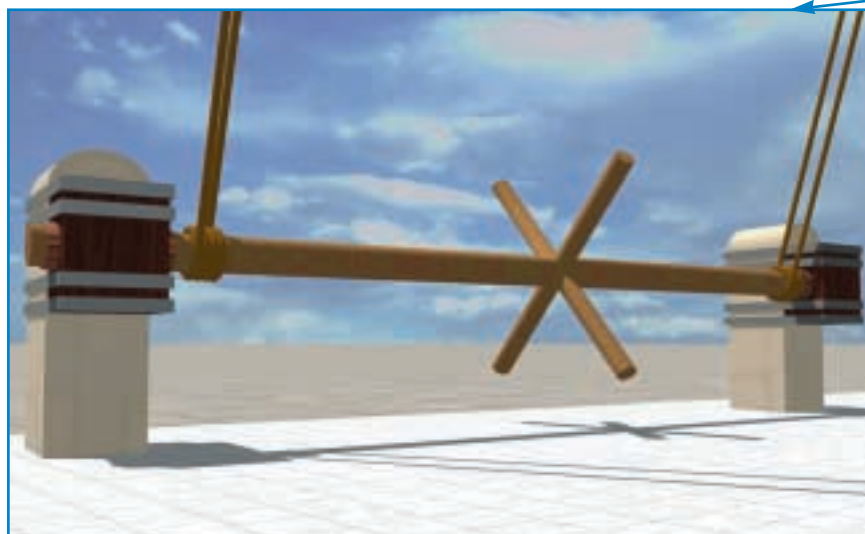
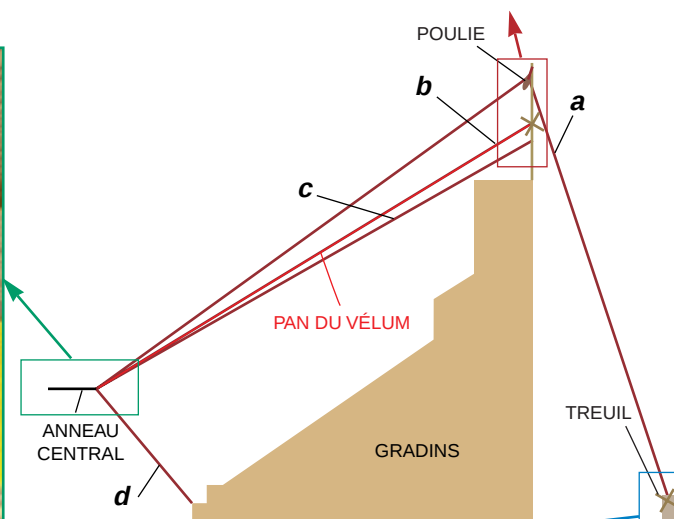
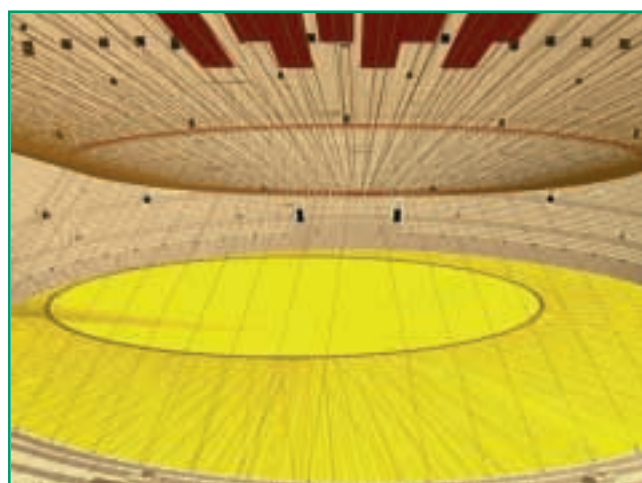
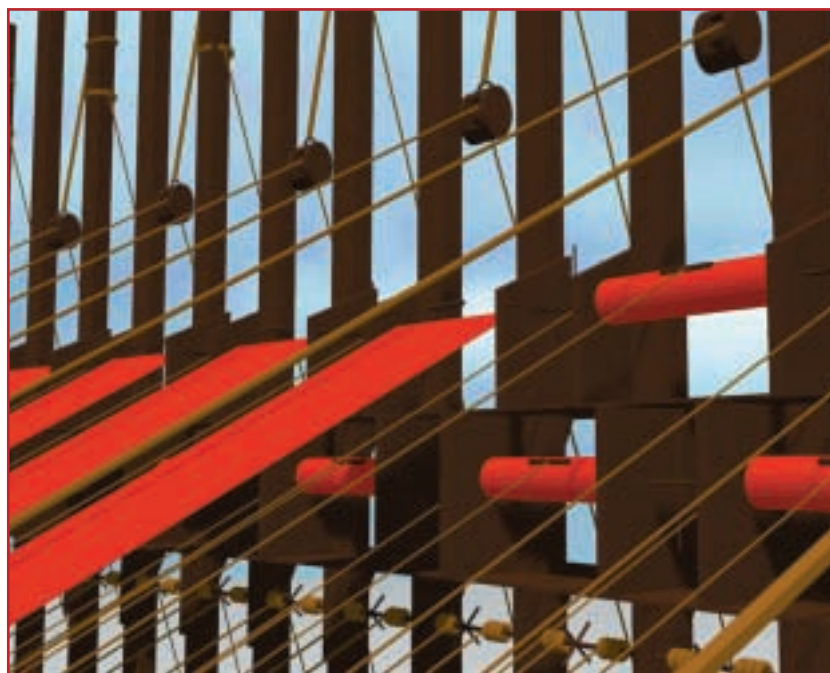
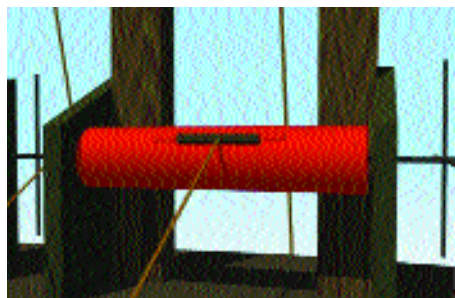


L'anneau central est à 18 mètres au-dessus de l'arène : les toiles descendent le plus bas possible, pour une protection maximale contre le soleil, sans gêner la vision des spectateurs placés tout en haut des gradins (à gauche). La simulation de la course du soleil en dif-



férentes dates à la latitude de Rome indique que les conditions de protection les moins favorables sont évidemment celles où le soleil est le plus bas, c'est-à-dire en hiver, et le matin ou le soir (à droite), mais ce sont aussi les moments où le soleil est le moins gênant.

Les mâts soutenaient les mécanismes d'enroulement des toiles. Pour des raisons d'encombrement nous avons décalé ces mécanismes en hauteur une fois sur deux (à droite). Seules les toiles de gauche sont ici déroulées, à l'aide de cordes analogues à celles que l'on voit s'attacher aux rouleaux de toile encore enroulés. Nous avons modélisé, entre les mâts, des plates-formes (ci-dessous) nécessaires aux opérateurs, des soldats de la marine romaine habitués à manier des cordages. Personne auparavant n'avait pensé à représenter ces plates-formes, dont la nécessité ne nous est apparue qu'au moment de faire fonctionner les treuils permettant d'enrouler et de dérouler les toiles.



Les treuils qui servaient à tendre les cordes a (à gauche) étaient portés par 160 bornes situées à l'extérieur de l'édifice ; seulement cinq sont conservées. Les trous portés par celles-ci indiquent comment étaient fixés les treuils (à droite).

Philippe FLEURY, professeur de latin, est directeur adjoint de la Maison de la recherche en sciences humaines de l'Université de Caen.

