

Une chaîne complexe à maîtriser

La construction d'une image réaliste à partir d'un environnement 3D nécessite de reproduire les phénomènes physiques des interactions entre la lumière et les objets. La compréhension de chaque phénomène permet de définir un modèle mathématique et d'en déduire un algorithme pour le reproduire le plus fidèlement possible. Avec cette méthodologie, on peut non seulement comprendre certains mécanismes physiques, mais également les faire « fonctionner » pour les reproduire et les valider en les comparant à des mesures.

L'un des grands défis actuels concerne le calcul de tous les échanges lumineux possibles entre les objets eux-mêmes alors qu'ils se déplacent à 60 images par seconde. Les méthodes actuelles en temps réel simplifient les calculs pour permettre un affichage suffisamment rapide, mais c'est au détriment de la qualité de la simulation.

Cependant, l'affichage lui-même n'est qu'une partie du processus de la synthèse d'images. La chaîne complète doit être minutieusement maîtrisée, avec des difficultés de mise en œuvre pour chaque partie : la construction de la forme d'objets 3D complexes (les outils de modélisation géométrique) ; l'animation pour les déplacer de façon réaliste : par exemple, faire marcher, courir ou tomber un humanoïde est difficile à comprendre, concevoir et programmer, de même que les interactions d'objets lorsqu'ils se heurtent, par exemple ; la définition des matériaux utilisés, avec éventuellement le placage de textures et les sources lumineuses. Les calculs des interactions lumineuses et l'affichage de l'image correspondent à la dernière partie de ce processus.

Le jeu vidéo et le cinéma sont les applications les plus visibles de la synthèse d'images, mais d'autres domaines bénéficient de ces tra-

vaux. Par exemple, les concepteurs dans les domaines de l'automobile ou de l'aéronautique exploitent ces outils pour obtenir des représentations 3D avant la construction effective. La publicité audiovisuelle, les simulateurs de conduite ou de vol, l'architecture, l'archéologie, l'imagerie médicale constituent d'autres exemples de recherches actives dans le monde.

Si certains chercheurs s'intéressent à reproduire le plus fidèlement possible les phénomènes naturels ou créent des photographies d'environnements réels avec les méthodes de rendu à base d'images, d'autres proposent des systèmes alternatifs, par exemple destinés à produire un affichage non pas photoréaliste, mais expressif, avec des styles de dessin animé, des effets d'aquarelle, etc. L'informatique renouvelle alors les méthodes de l'art pictural.

Daniel Meneveau, Université de Poitiers,
Département Signal, image, communications

60 images par seconde, les réalisateurs des films d'animation n'ont pas à se soucier du temps nécessaire pour produire un rendu de scène 3D : les images sont calculées à l'avance.

Berner le joueur

Il existe une autre alternative au lancer de rayons : elle consiste à berner l'observateur. Après tout, la prochaine génération de jeux n'a peut-être pas besoin d'un éclairage et de réflexions d'une parfaite exactitude physique, comme c'est le cas actuellement. La communauté du graphisme en temps réel a créé maintes astuces pour produire de belles images. Par exemple, NVIDIA diffuse une démonstration en temps réel où un processeur graphique produit l'effet de translucidité de la peau humaine, c'est-à-dire montre la diffusion de la lumière à travers ce tissu. Des techniques de filtrage intelligent peuvent aussi produire des images réalistes difficiles à distinguer d'un affichage par lancer de rayons.

Cependant, les approches reposant sur des astuces ont leurs limites. Chacune est en général très spécialisée et tend à faire mauvais ménage avec d'autres. Par exemple, il faudrait un codage acrobatique pour simuler un éclairage indirect sur un visage humain avec une technique à effet de translucidité. C'est cela qui rend, au bout du compte, le lancer de rayons si attrayant.

Il change facilement d'échelle en augmentant le nombre d'instructions par seconde, et on peut reproduire des effets de lumière complexes en traçant tout simplement davantage de rayons.

Lors de l'édition 2009 de la conférence annuelle du SIGGRAPH (*Special Interest Group on Graphics and Interactive Techniques*), le rendez-vous majeur de la recherche en informatique graphique, son festival d'animation sur ordinateur a présenté une nouvelle session « Rendu en temps réel ». Parallèlement aux œuvres « pré-rendues » (films d'animation), qui constituaient le plat de résistance de la conférence, les développeurs y réalisaient des démonstrations de leurs jeux et d'autres applications en temps réel. Par exemple, Intel, à l'aide de son architecture de processeurs central *Nehalem*, lancée fin 2008, a présenté un jeu utilisant la technique du lancer de rayons et affichant environ 15 images par seconde. Il figurait un fond marin visible à travers la surface scintillante d'un lagon.

Nul doute donc que la technologie progresse. Billy Zelnack, vétéran des jeux vidéo, déclarait il y a quelques années, avec un mélange d'ironie et d'espoir : « Dans pas si longtemps, les ordinateurs seront rapides. » Ces mots restent valables. Nous pouvons ajouter, avec moins d'ambiguïté : « Dans pas si longtemps, le photoréalisme s'affichera en temps réel. » ■

✓ SUR LE WEB

<http://www.afig.fr>

<http://www.siggraph.org/>

[http://www.presence-pc.com/
tests/raytracing-rasterisation-
23129/8/](http://www.presence-pc.com/tests/raytracing-rasterisation-23129/8/)

<http://graphics.ucsd.edu/~henrik/>

✓ BIBLIOGRAPHIE

T. Akenine-Möller et al., *Real-Time Rendering*, 3^e éd., A.K. Peters, 2008.

B. Péroche et D. Bechmann, *Informatique graphique et rendu*, Hermès-Lavoisier, 2007.

R. Malgouyres, *Algorithmes pour la synthèse d'images et l'animation 3D*, 2^e éd., Dunod, 2005.

H. W. Jensen, *Realistic Image Synthesis Using Photon Mapping*, 2^e éd., A.K. Peters, 2005.

J. D. Foley, *Introduction à l'infographie*, Vuibert, 2000.

Le retour des vaccins à ADN

Après plusieurs faux départs et échecs, une nouvelle génération de vaccins et de médicaments à base d'ADN nu est entrée dans la phase des essais cliniques.

Matthew Morrow et David Weiner

Il y a dix ans, des scientifiques des Instituts américains de la santé (NIH) testèrent deux nouveaux types de vaccins contre le virus de l'immunodéficience humaine (VIH), le sida. L'un d'eux était constitué d'anneaux d'ADN, des plasmides, dont chacun portait un gène codant une protéine du virus ; le produit, qualifié de vaccin à ADN, contenait cinq gènes au total. Le second vaccin comprenait un adénovirus porteur d'un gène codant une protéine virale. Dans le premier cas, le vaccin devait conduire les propres cellules du receveur à produire cinq protéines du VIH pour qu'elles provoquent des réactions immunitaires contre le virus. Dans le second cas, l'adénovirus vecteur devait stimuler les cellules immunitaires tout en les dirigeant contre la protéine virale.

Les résultats des essais cliniques du vaccin à ADN furent négatifs, ce qui porta un grand coup à ceux qui croyaient à cette approche. Les personnes vaccinées réagirent faiblement contre les cinq protéines du virus, voire pas du tout. À l'inverse,

la réaction immunitaire au second vaccin à base d'adénovirus modifié fut puissante. Pour les chercheurs et les sociétés pharmaceutiques, les adénovirus apparurent comme la meilleure solution pour que l'organisme produise des protéines vaccinales anti-VIH.

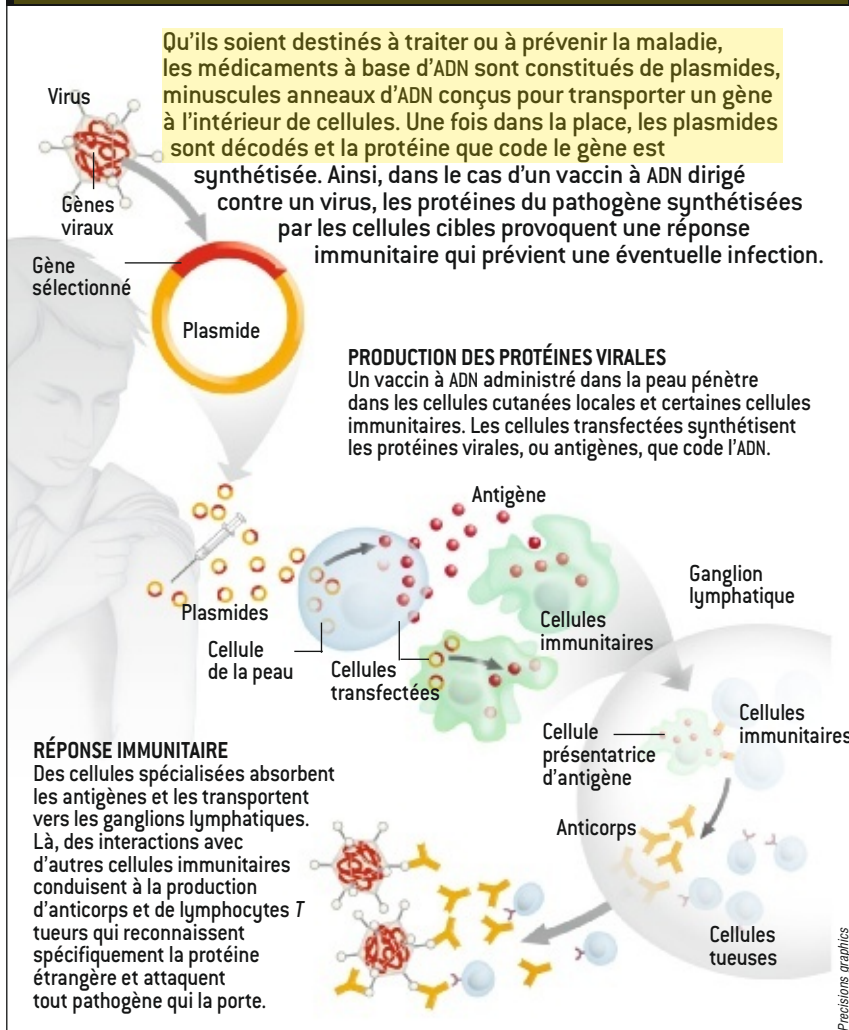
Cependant, convaincus que les vaccins à ADN restaient prometteurs, des scientifiques se sont remis au travail pour chercher des moyens de renforcer leur efficacité. Ces efforts commencent à payer. Une nouvelle génération de vaccins à base de plasmides a montré, dans des études réalisées chez l'homme et chez l'animal, une certaine efficacité tout en conservant la sécurité et d'autres bénéfices qui font l'attrait des vaccins à ADN. La même stratégie s'étend désormais à d'autres formes de thérapie immunitaire et à l'administration de médicaments. Les vaccins et thérapies à base d'ADN pourraient un jour permettre de lutter contre plusieurs maladies actuellement dépourvues de traitement efficace.

L'ESSENTIEL

- ✓ Les vaccins et thérapies à base d'ADN nu ont échoué lors des premiers essais cliniques.
- ✓ De nouvelles constructions génétiques et méthodes d'administration ont rendu le procédé plus efficace.
- ✓ Plusieurs essais réalisés chez l'animal et l'homme confirment que l'ADN nu peut faire partie de la panoplie des vaccins et thérapies à développer.

Stuart Bradshaw

COMMENT AGISSENT LES MÉDICAMENTS À BASE D'ADN



du plasmide, après avoir été synthétisée par les cellules, attire l'attention des sentinelles de l'immunité. Les plasmides peuvent donc être utilisés à plusieurs reprises chez la même personne pour apporter divers gènes, sans que l'on ait à craindre une immunité contre le vaccin lui-même.

Lors des premiers essais de vaccins à ADN, les faibles réponses immunitaires firent échouer le projet. Ces échecs provenaient vraisemblablement de ce que les plasmides n'entraient pas dans un nombre suffisant de cellules ; et lorsqu'ils y pénétraient, la cellule hôte ne produisait pas assez de protéines susceptibles de déclencher une réaction immunitaire.

Un concurrent pas si efficace

Cependant, l'approche concurrente des vecteurs adénoviraux a finalement rencontré un obstacle plus important. En 2007, le Laboratoire pharmaceutique Merck a lancé l'essai clinique STEP, une étude de grande ampleur d'un vaccin contre le VIH utilisant un vecteur adénoviral nommé *AdHu5* pour transporter des gènes viraux. Quelque 3000 sujets qui n'étaient pas porteurs du VIH ont reçu le vaccin ou le placebo.

À mesure que l'essai avançait, un signe inquiétant est apparu : les personnes vaccinées n'étaient pas mieux protégées que celles qui avaient reçu le placebo. Elles paraissaient même plus vulnérables à l'infection. Un décompte réalisé à mi-parcours de l'étude indiqua que 49 hommes sur les 914 du groupe vacciné étaient devenus séropositifs, alors que c'était le cas pour 33 hommes sur 922 dans le groupe placebo. Durant l'été 2009, l'essai STEP a alors été suspendu.

Les données sont toujours en cours d'analyse. Mais quelques éléments indiquent que le vecteur *AdHu5* serait en cause. Chez les personnes présentant une immunité préexistante à l'adénovirus correspondant au vecteur – un banal virus de rhume –, le système immunitaire a pu attaquer le vaccin lui-même. On ne sait pas en revanche pourquoi les personnes vaccinées semblaient plus sensibles à l'infection par le VIH.

Durant les années précédant l'essai STEP, des chercheurs ont tenté d'apporter des solutions aux problèmes de la première génération des vaccins à plasmides. Leurs efforts visaient plus particulièrement à améliorer la pénétration des

Quand les vaccins à ADN commencèrent à faire parler d'eux, au début des années 1990, leur simplicité apparut immédiatement. Les principaux composants du vaccin sont des plasmides, c'est-à-dire des constructions d'ADN intégrant des gènes codant une ou plusieurs protéines d'un agent pathogène. Les cellules recevant ces plasmides produiraient ces protéines, mais ne contiendraient pas d'instructions pour fabriquer l'agent pathogène entier.

Lorsqu'un plasmide pénètre dans la cellule receveuse – dite cellule hôte, par un processus de transfection –, la machinerie moléculaire qui décode normalement l'ADN commence à lire le gène de l'agent pathogène qui y est inséré. Elle synthétise la protéine souhaitée, qui est reconnue comme étrangère par les cellules immunitaires, comme si l'organisme était infecté. Le système immunitaire développe alors une réponse spécifique de

cet agent dont il garde une mémoire à long terme, ce qui le rend capable de réagir plus fortement et plus vite contre la protéine étrangère en cas de nouvelle infection. La simple introduction d'un plasmide portant un gène pourrait ainsi protéger contre l'agent pathogène.

En plus de leur simplicité, les vaccins à ADN offrent en théorie plusieurs avantages par rapport aux vaccins classiques. Par exemple, pour élaborer un vaccin contre la grippe, il faut manipuler et cultiver des virus « vivants » et le processus de production demande au moins quatre à six mois. Le vaccin, une fois mis au point, doit être maintenu à basse température. Les vaccins à ADN sont plus faciles à produire et sont stables à température ambiante.

Autre avantage qui a été décisif pour remettre cette technologie en selle : le vaccin ne déclenche pas de réponse immunitaire ; seule la protéine codée par le gène