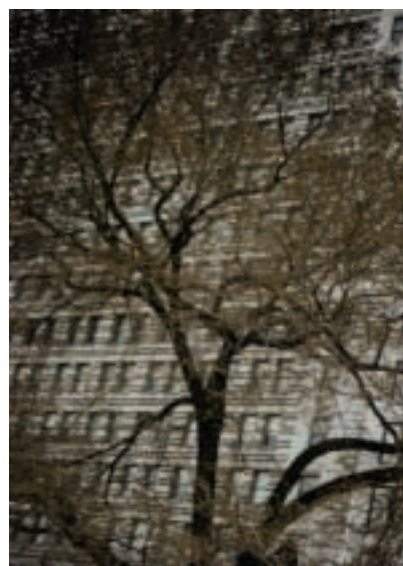
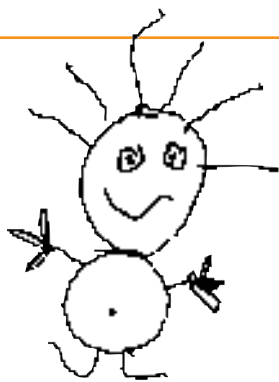




De gauche à droite et haut en bas : H. Fujii, K. Moeller, K.-P. Zauner, P. Quattrough, De Vinci, K.-P. Zauner, S.J. Brown, M. Locke, Carnegie Mellon University, H.K. Konishi



de tigres en recherchant un bloc jaune rayé de noir et un bloc ayant la couleur et la texture de l'herbe, typique de l'habitat du tigre. Pour chaque caractéristique des blocs (couleur, texture, forme ou position), l'utilisateur choisit le degré de précision qu'il désire.

La représentation des objets comme des ensembles de blocs se prête bien aux techniques d'apprentissage automatique. Ainsi on peut éviter à l'utilisateur d'identifier les aspects les plus caractéristiques d'une scène contenant des tigres ou des avions. Nous avons utilisé des techniques d'apprentissage statistique, afin de réaliser un logiciel de classement statistique auquel nous avons présenté des photographies de plusieurs catégories visuelles (comme des scènes comportant des avions ou des tigres), et avons ainsi entraîné le logiciel à classer de nouvelles photographies dans ces catégories.

Aujourd'hui, nos programmes classent des scènes en analysant uniquement la couleur et la texture ; avec des informations appropriées sur la forme des blocs, ils distingueront les ensembles de blocs qui constituent des objets et ceux qui n'en forment pas. L'apprentissage fournit un cadre naturel pour traiter les variations non pertinentes au sein d'une classe d'objets, parce qu'un logiciel de classement peut s'ajuster de façon à ignorer ces variations (le ciel peut avoir diverses nuances de bleu, les nuages ont des formes toujours changeantes).

L'apprentissage automatique

Takeo Kanade et ses collègues de l'Université Carnegie Mellon ont mis au point un logiciel de reconnaissance de visages qui applique les techniques d'apprentissage automatique. Comme les programmes classiques détectent difficilement les yeux, les nez et les bouches individuellement, T. Kanade et ses collègues ont entraîné un logiciel du type réseau de neurones à détecter la présence simultanée de tous ces éléments dans une configuration adéquate. Ils ont aussi associé cette reconnaissance de forme à une reconnaissance de sons pour analyser des extraits de films. Un ordinateur peut ainsi apprendre à reconnaître un discours sur une bande-son de journal télévisé, par exemple, et associer la mention du nom d'une célébrité avec le visage détecté au même moment dans les données vidéo.

Si la couleur et la texture aident à découper l'image en blocs, plusieurs caractéristiques supplémentaires permettent le difficile regroupement des blocs en objet. Tout d'abord, beaucoup d'objets sont composés de parties aux formes géométriques régulières ; de surcroît, ces formes tridimensionnelles de base se présentent comme des blocs

d'images de forme simple : par exemple, un cylindre apparaît presque toujours comme une région rectangulaire, aisément identifiable par le programme.

Lorsqu'il existe des relations géométriques entre les blocs, de la même façon que l'amplitude de rotation des articulations chez l'homme et chez l'animal limite les attitudes possibles entre les différentes parties de leur corps, on peut conclure à l'appartenance de deux blocs au même objet. En bref, l'analyse de chaque bloc engendre des hypothèses sur son identité, et la répétition de regroupements conduit finalement à l'analyse des images. La théorie de l'apprentissage statistique fournit des mécanismes grâce auxquels on détermine quels regroupements sont possibles. Lorsqu'un groupe suffisamment grand a été ainsi assemblé, l'objet est considéré comme identifié.

Margaret Fleck, de l'Université de l'Iowa, et l'un de nous (D. Forsyth) ont utilisé ces observations pour construire deux programmes qui reconnaissent des objets particuliers parmi de nombreuses images. Le premier programme trouve les images qui contiennent des êtres humains. Notre version actuelle ne fonctionne que pour des gens qui portent peu ou pas de vêtements ; les couleurs et les textures de la peau sont très limitées, comparées à celles des vêtements. Le programme divise d'abord l'image en régions correspondant à la peau (ce qui peut être fait de façon assez précise) et rejette les images comportant peu ou pas de peau.

DES CAILLOUX DANS LES CHOSES SÛRES

DIDIER NORDON

Des cailloux
dans les choses sûres



Didier Nordon épingle les scientifiques et les politiques qui extraient de la science plus qu'elle ne dit. Nul doute que chacun reconnaîtra dans ces piques... le défaut de son condisciple.

144 pages - 65 F
Code 1897

POUR LA
SCIENCE
DIFFUSION BELIN

Bon de commande en p. 98

Lorsqu'il a associé ces régions en groupes qui ressemblent approximativement à des cylindres (qui représentent les parties du corps), il teste les relations géométriques entre ces groupes pour trouver des assemblages pouvant provenir d'un membre. Finalement, il teste les relations entre les éventuels membres pour déterminer les régions pouvant représenter des assemblages plus complexes.

Comme notre modélisation des humains utilise des relations entre les segments du corps, nous pouvons la modifier pour trouver d'autres types de corps. Ainsi, notre second programme trouve des photographies de chevaux en testant les relations entre les blocs de pixels assimilés à un pelage. Nous avons testé le programme qui identifie les personnes sur près de 5 000 images provenant de sources diverses ; il trouve des images de personnes dans 40 pour cent des images qui en contiennent et seulement dans 4 pour cent d'images qui n'en contiennent pas. Le programme qui identifie les chevaux ne reconnaît que 10 pour cent des photographies de chevaux qui lui sont soumises, mais ne trouve que 0,4 pour cent de photographies qui n'en comportent pas. Nous ne savons pas encore appliquer efficacement notre technique à des scènes contenant de nombreux objets différents à reconnaître.

Ces performances limitées représentent pourtant, à notre connaissance, le summum de ce qu'obtient la recherche d'images fondée sur l'identification d'un objet. De surcroît, souvenons-nous qu'il n'existe pas de système de recherche parfait : même

les meilleures recherches automatisées de données soigneusement indexées extraient rarement plus de 50 pour cent des éléments pertinents, sans même compter le nombre élevé d'éléments non pertinents. En outre, quand une personne passe manuellement en revue un assortiment d'images, elle omet généralement un nombre notable d'images idoines, sans parler du coût prohibitif de l'opération.

Les images et les films numérisés deviennent chose courante, qu'ils fassent partie de grandes collections ou qu'ils soient le contenu de médias plus transitoires comme le courrier électronique ou les pages Web sur le réseau Internet. Bien que nous nous soyons concentrés sur le problème de la recherche d'images dans de grandes bases de données, les mêmes techniques s'appliquent pour d'autres tâches mettant des images en jeu, tel le filtrage des informations recueillies sur le réseau Internet.

Nous avons progressé dans l'extraction d'objets en regroupant simplement des régions similaires selon des critères d'arrangements spatiaux et de motifs analogues, mais de nouvelles techniques sont nécessaires à l'obtention d'une quantité d'images extraites compatible avec un archivage utile. L'objectif est d'obtenir l'image d'un léopard fondant sur une proie en tapant juste : «tacheté», «corps de félin», «bondissant». Ce but accessible est intéressant parce que de nombreuses personnes ont besoin de trouver des objets dans un assortiment d'images, et aussi parce qu'en l'atteignant nous comprendrons mieux les mécanismes de la vision.

David FORSYTH, Jitendra MALIK et Robert WILENSKY participent au projet de bibliothèque numérique de l'Université de Berkeley.

R. NEVATIA et T.O. BINFORD, *Description and Recognition of Curved Objects*, in *Artificial Intelligence*, vol. 8, pp. 77-98, 1977.

Hazel ROSSOTTI, *Color : Why the World Isn't Grey*, Princeton University Press, 1983.

I. ROCK et S. PALMER, *L'héritage du gestaltisme*, in *Pour la Science*, février 1991.

M. FLICKNER et al., *Query by Image and Video Content, The QBIC System*, in *Computer*, vol. 28, n° 9, pp. 23-32, septembre 1995.

J. PONCE, A. ZISSERMAN et M. HEBERT, *Object Representation in Computer Vision, tome II*, Springer LNCS, n° 1144, 1996.

A. PENTLAND, R.W. PICARD, et S. SCLAROFF, *Photobook, Content Based Manipulation of Image Databases*, in *International Journal of Computer Vision*, vol. 18, n° 3, pp. 233-254, juin 1996.

K. HIRATA et al., *Object-Based Navigation : An Intuitive Navigation Style for Content-Oriented Integration Environment*, Proceedings of the ACM Hypertext Conference, Southampton, U.K., avril 1997.

Vous trouverez des liens vers différentes bibliothèques d'images sur notre site <http://www.pourlascience.com>

J'ai descendu dans mon jardin...

FRANÇOIS PEREGO

... pour fabriquer de la peinture.

Les peintres antérieurs au XVIII^e siècle avaient bien du mérite : il ne connaissaient qu'une quarantaine de pigments, n'en utilisaient qu'une vingtaine, mais que de couleurs animent leurs tableaux, fresques ou enluminures ! À l'époque, les procédés de fabrication relevaient moins de la chimie raisonnée que de la cuisine, et la plupart des produits utilisés par Rubens et les peintres de son temps sont encore d'origine naturelle. Puis, à partir du XIX^e siècle, la situation s'est inversée ; on se dirige vers le «tout synthétique». Si nous descendions au jardin, pourrions-nous encore confectionner une gamme de couleurs ?

La pulpe des framboises ou les pétales des fleurs nous font rêver à des couleurs rutilantes, mais nous serions déçus si nous extrayions les colorants de ces matières végétales : leurs couleurs sont essentiellement dues à trois classes de molécules, les caroténoïdes, les flavonoïdes et les anthocyanes, qui résistent mal à la lumière. Les plantes ont donné aux peintres de superbes jaunes et rouges, et un bleu : ce sont les laques de gaude, de nerprun, de quercitron ou de garance, et l'indigo. Cependant, seuls ces deux derniers résistent raisonnablement à la lumière.

Abandonnons le végétal pour le minéral : ce charbon de bois qui reste, au fond du jardin, permet d'obtenir du noir, et ce vieux morceau de plomb trouvé dans la remise peut nous procurer du blanc. À cette fin, il nous faut du vinaigre, que le raisin de notre jardin nous donne : son jus, abandonné à l'air, tournera au vinaigre. Placé au fond d'un récipient enfoui dans du fumier, avec une plaque de plomb qui s'oxyde lentement à l'air humide, il libérera des vapeurs qui transformeront l'oxyde de plomb en acétate basique de plomb, lequel acétate sera ensuite transformé en carbonate basique, par réaction avec le dioxyde de carbone produit par le fumier ; ce carbonate forme le blanc de plomb, largement utilisé en peinture jusqu'au début de notre siècle.

Le même vinaigre ou du marc de raisin nous servira à transformer du cuivre pour préparer du vert-de-gris (un acétate

basique de cuivre, et non le carbonate hydraté de cuivre qui se dépose sur le métal en milieu humide) en présence d'air. Et ce vert-de-gris, chauffé avec de la résine qui exsude du pin, donnera un résinate de cuivre, d'un très beau vert émeraude transparent. Restera à préparer l'azurite, la malachite, le cinabre ou le précieux lapis-lazuli, qui ont permis aux peintres de jadis d'obtenir des couleurs assez vives et assez solides. Mais c'est là une autre histoire.

LES COULEURS QUE L'ON CACHE

Après ce petit tour du propriétaire, quelles ressources nous reste-t-il ? Nous avons vu que la garance contient des colorants assez résistants. Pouvons-nous les préparer simplement ? Ces colorants sont des dérivés de l'antraquinone, molécule composée de trois cycles à six atomes de carbone chacun, accolés par un côté, avec deux atomes d'oxygène liés aux atomes de carbone sur l'axe médian de la molécule (voir la figure 1). Dans les racines, ces dérivés sont sous la forme de glucosides, c'est-à-dire liés à une molécule de sucre. Deux colorants antraquinoniques dérivés de la garance intéressent les peintres : le plus intéressant est le 1,2 dihydroxyantraquinone, ou alizarine, qui fut synthétisée en 1868 par les chimistes Carl Graebe, Carl Liebermann et Heinrich Caro, de la Société *Badische Anilin*, au grand désespoir des cultivateurs du Midi et d'Alsace. La purpurine, ou 1,2,4 trihydroxyantraquinone, moins abondante que l'alizarine, procure aux laques de garance naturelle cette fluorescence rouge feu tout à fait caractéristique.

Pour préparer une laque de garance, nous devons soit avoir la plante dans le jardin (elle pousse facilement), soit l'acquérir dans une pharmacie herboristerie sous le nom de *Rubia tinctorum*, ou *Rubia peregrina*, racine. Après avoir fait sécher et vieillir la racine (le résultat est meilleur, parce que la coupure des glucosides commence pendant le vieillissement), nous la couperons en petits morceaux et suivrons une recette du XIX^e siècle, que nous indi-

quons ici en termes de chimie moderne. Dans un premier temps, nous coupons le dérivé antraquinonique du sucre, en chauffant la racine dans de l'eau légèrement acidifiée par un pour cent d'acide chlorhydrique (que l'on trouve en droguerie) à une température de 40 à 50 °C, durant un ou deux jours (si nous voulions être des puristes de la «peinture du jardin», nous pourrions éviter l'achat d'acide chlorhydrique et provoquer une hydrolyse enzymatique à l'aide de levure de boulanger ; notons que la réaction produit un alcool de garance, qui était jadis consommé). Dans un deuxième temps, nous éliminons un colorant jaune fauve, abondant et préjudiciable à la beauté et à la solidité de la teinte finale, en lavant copieusement la matière végétale à l'eau tiède légèrement alcalinisée (par une solution filtrée de cendres de bois ou par des cristaux de soude), puis à l'eau claire.

La racine est alors prête pour l'extraction des principes colorants. On la jette dans une solution chaude d'alun de potasse (du sulfate double d'aluminium et de potassium, qui constitue ces bâtons coagulants qui guérissent les blessures du rasage matinal ; on le trouve en droguerie ou en pharmacie) à 12 pour cent et l'on voit rapidement la liqueur prendre la teinte d'un sirop de grenadine. Chauffons modérément pendant une à deux heures afin d'extraire le colorant des racines ; le colorant n'est pas utilisable tel quel, et il n'est pas du rouge qu'on en attend. Aussi les peintres exploitent-ils la propriété qu'a l'alumine d'adsorber des molécules variées : si nous mélangeons la teinture à du carbonate de sodium, une magnifique «laque» (une poudre colorée) se dépose, parce que de l'alumine insoluble se forme par réaction de l'alun présent avec le carbonate ; simultanément, le colorant est extrait de la solution par adsorption sur les grains précipités. Il reste à laver plusieurs fois le précipité à l'eau claire, à filtrer et à sécher : la laque est prête.

LES POUSSIÈRES DE LA COULEUR

Ce principe d'adsorption des colorants par de l'alumine fraîchement préparée (ou d'autres précipités) s'applique à d'autres colorants, tel celui qu'on extrait, généralement sans le savoir, en faisant cuire des artichauts dans de l'eau. L'ajout d'alun, puis de carbonate de potassium provoque la précipitation d'une laque jaune analogue à celle de la gaude, plante jadis largement cultivée pour sa teinture jaune «grand teint», c'est-à-dire qui résiste à la lumière.

Comment peindre avec ce pigment ? Les peintres préparent des peintures en dispersant les pigments avec des liants,