

النباتات الطبيعية والنباتات الافتراضية¹

بقلم: يوسف معمرى² Youcef Mammeri

ترجمة: بوجلة نوال

أوريحان صبرينة



كروم خمر "بوردولي" ونوع من العنب الافتراضي.

تولد النباتات وتتمو وتهرم ثم تموت. تبدو الحياة النباتية ظاهرة عادية، والحقيقة أنها سلسلة من العمليات والمراحل المعقدة، بعض جوانبها لا يزال غير معروف حتى اليوم. يطمح الإنسان في فهم عمليات نمو النبات من أجل التحكم في تطورها وإنتاجها، وذلك لحاجياته في مجالات البناء، والتغذية،

¹ العنوان الأصلي للمقال : PLANTES NATURELLES ET PLANTES VIRTUELLES

موقعه الإلكتروني : <http://www.breves-de-maths.fr/plantes-naturelles-et-plantes-virtuelles>:

² صفحته الشخصية : <http://lamfa.u-picardie.fr/mammeri/Home.html>

يعمل بمخبر منطقة أميان (فرنسا) للرياضيات الأساسية والتطبيقية LAMFA ، جامعة بيكاردية Picardie. انظر

<https://www.lamfa.u-picardie.fr/Accueil>.

حرر المقال بالاعتماد على الأعمال المنجزة من قبل فريق "النباتات الافتراضية" virtual-plants

<https://www.inria.fr/equipes/virtual-plants>

ووحدة البحث "علم النبات ونمذجة هندسة المغروسات والنبات" AMAP

<http://amap.cirad.fr/fr/index.php>

وعلى أعمال الكاتب الشخصية التي أشرف عليها ميشيل لانجلي Michel Langlais.

والتدفئة، والعلاج واللباس. ولهذا السبب اجتمع الباحثون في علم الأحياء والمعلوماتية والرياضيات للوصول إلى نمذجة نباتات افتراضية وجعلها تنمو³.

النبات الافتراضي كائن هندسي ذو بنية ثلاثية الأبعاد معقدة. ولإنشاء هذا الكائن المعلوماتي، يكفي وصف كيفية بسيطة تتكرر على مستويات مختلفة : جذع يولد غصونا صغيرة أولى، وهي نفسها تولد غصونا ثانوية، وهكذا دواليك حتى نصل إلى غصون أصغر تولد الأوراق أو الزهور أو الفواكه. يمكن اعتبار هذه الكائنات ككائنات كسوريات⁴ Fractal. هناك عدة أسباب تبرر ذلك : كل قطعة من شجرة هي نسخة من شجرة أصغر؛ إنها الخاصية المسماة خاصية "التشابه الذاتي". من ناحية أخرى، فإن حجم الشجرة ينتهي به العهد إلى الركود، بينما يستمر سطحها في النمو. وهذا ما يجعل التبادلات مع الخارج (مثل التركيب الضوئي) تتحسن.

كتقريب أولى، يمكن وصف كل عضو بأشكال بسيطة كأن نعتبر أن : الأسطوانة تمثل الجذع، والقطعة المستقيمة تمثل الغصن، ومتعدد الوجوه يمثل الورقة. يوفر لنا هذا التجمع تمثيلا تقريبا للنبته. لكننا نفضل المنحنيات الملساء على هذه الأشكال الخشنة. يمكننا في هذه الحالة استعمال الخُد⁵ splines (كثيرات حدود من الدرجة الثالثة) لتقريب هذه الأشكال المعقدة بصورة أدق. يسمح ذلك بالحصول على وصف أفضل لمنحدرات واتجاهات وتقوسات مكونات النبتة. تستخدم اليوم هذه الكائنات الرياضية على نطاق واسع في الرسومات الحاسوبية، مثل استعمالها في إنشاء ديكور ألعاب الفيديو أو أفلام الرسوم المتحركة.

نلاحظ أن حتى التمثيل الهندسي المثالي للنباتات لا يكفي لفهم نموها ولا يسمح بتحسين تسيير إنتاجها أو استغلالها. ذلك أن هذه النمذجة لا تراعي القيود الداخلية و الخارجية. بخصوص القيود الداخلية نشير إلى أن الحركية العامة للنبته تحكمها عمليات على المستوى الجزيئي : تطوير الأنسجة الإنشائية⁶ meristem (أماكن الانقسامات الخلوية تسمح مثلا بإنتاج أوراق جديدة والسيقان والزهور)، وأوعية نسيجية خشبية⁷ Xylem (أنسجة موصلة تحمل الماء والمعادن من الجذور إلى الأوراق) واللحاء⁸ Phloem (أنسجة موصلة تحمل النسغ التي تعدّه الأوراق نحو الأعضاء الأخرى). أما بخصوص القيود الخارجية، فكما يؤثر المزارع على النباتات فإن المناخ يُعتبر عاملا رئيسيا في تطور الأعضاء.

³ انظر :

<https://interstices.info/modeliser-le-vivant-creer-des-plant-virtuelles-pour-comprendre-simuler-tester>

⁴ انظر : <https://en.wikipedia.org/wiki/Fractal>

⁵ انظر : [https://en.wikipedia.org/wiki/Spline_\(mathematics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Spline_(mathematics))

⁶ انظر : <https://en.wikipedia.org/wiki/Meristem>

⁷ انظر : <https://en.wikipedia.org/wiki/Xylem>

⁸ انظر : <https://en.wikipedia.org/wiki/Phloem>

بسبب تعقيدات وتفاعلات الأحداث، فإن النماذج تمزج بين العشوائية والحتمية للحصول على وصف واقعي نسبيا. تنمو النباتات وفقا للقوانين الميكانيكية الحتمية المرتبطة بالمناخ وبمختلف الموارد. كما أن تحديد ولادة أعضاء جديدة يتم حسب تراكم الموارد، ولكن ظهورها عشوائي لأننا نعرف مسبقا نوعية العضو الذي سيظهر. على سبيل المثال، من الضروري تقييم احتمال ظهور البراعم في الورقة. يتم استخدام نموذج عشوائي من نوع سلسلة ماركوف⁹ Markov لتمثيل سلسلة من الأحداث العشوائية المتتالية : الجذع، الأغصان، الأوراق، الفاكهة. تُضاف إلى هذا العامل آثار ذات طابع فوضوي تتجم عن الضوء وعن الرياح فيما يتعلق باتجاه الأعضاء.

يتيح المزج بين الهندسة والاحتمالات والمعادلات التفاضلية وتطوير الأدوات الرقمية ذات الاستخدام البديهي نسبيا، محاكاة نمو النبات خلال ثوان، في حين يتطلب ذلك عدة سنوات عندما نقوم به في الظروف الطبيعية. أما بالنسبة لأولى التطبيقات، فيمكن أن تساعد مثلا على اتخاذ القرار في المجال الزراعي أو على تحسين جودة الخشب الخاص بالبناء.

للاستزادة:

Vidéo Inria : Plantes virtuelles, enjeux réels¹⁰

OpenAlea¹¹ وهو برنامج مفتوح المصدر لنباتات افتراضية،

C. Pradal, S. Dufour-Kowalski, F. Boudon, C. Fournier, & C. Godin (2008), OpenAlea: A visual programming and component-based software platform for plant modeling¹², Functional Plant Biology, pp. 751-760.

E. Costes E, C. Smith, M. Renton, Y. Guédon, P. Prusinkiewicz, C. Godin (2008), MAppleT: simulation of apple tree development using mixed stochastic and biomechanical models¹³, Functional Plant Biology, pp. 35, 936-950.

A. Calonnet, P. Cartolaro, J.-M. Naulin, D. Bailey, & M. Langlais (2008), A host-pathogen simulation model: powdery mildew of grapevine¹⁴, Plant Pathology, pp.57, pp. 493-508.

مصدر الصورة : Youcef Mammeri.

⁹ انظر : https://en.wikipedia.org/wiki/Markov_chain

¹⁰ انظر : <https://www.youtube.com/watch?v=pxldAIYnEtQ>

¹¹ انظر : <http://openalea.gforge.inria.fr/dokuwiki/doku.php?id=openalea>

¹² انظر : http://www-sop.inria.fr/virtualplants/Publications/2008/PDBFG08a/openalea_paper.pdf

¹³ انظر :

http://www-sop.inria.fr/virtualplants/Publications/2008/CSRGPG08/preprint_MAppleT_FP08.pdf

¹⁴ انظر : <https://www6.bordeaux-aquitaine.inra.fr/sante-agroecologie-vignoble/co>

