

**Zeitschrift:** L'Enseignement Mathématique  
**Herausgeber:** Commission Internationale de l'Enseignement Mathématique  
**Band:** 45 (1999)  
**Heft:** 1-2: L'ENSEIGNEMENT MATHÉMATIQUE

**Artikel:** PUZZLES DE YOCCOZ POUR LES APPLICATIONS À ALLURE RATIONNELLE  
**Autor:** ROESCH, Pascale  
**Kapitel:** 1.2 Graphes et puzzles  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-64443>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 17.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## 1.2 GRAPHERS ET PUZZLES

DÉFINITION 1.6. Soit  $f: X' \rightarrow X$  une application à allure rationnelle simple. On dit qu'un graphe  $\Gamma$  (formé d'arêtes – arcs de  $\widehat{C}$  – et de sommets – points de  $\widehat{C}$ ) est *admissible* s'il vérifie les conditions suivantes :

- $\Gamma$  est un graphe connexe fini inclus dans  $\bar{X}$  et contenant  $\partial X$  ;
- $\Gamma$  est *stable* au sens où  $f^{-1}(\Gamma)$  contient  $\Gamma \cap X'$  ;
- l'orbite positive du point critique ne rencontre pas  $\Gamma$ .

Des exemples de tels graphes seront construits par la suite.

Étant donné un graphe admissible  $\Gamma$  pour  $f: X' \rightarrow X$ , on appelle *pièce de profondeur*  $n$ ,  $n \geq 0$ , toute composante connexe de l'ouvert  $f^{-n}(X \setminus \Gamma) = f^{-n}(X) \setminus f^{-n}(\Gamma)$ . Le *puzzle* associé à  $(X', X, f, \Gamma)$  est la collection de toutes ces pièces.

Les pièces de profondeur  $n$  donnée sont ainsi des ouverts disjoints et tout point  $x$  de  $f^{-n}(X \setminus \Gamma)$  se trouve dans une unique pièce de profondeur  $n$  que l'on note  $P_n(x)$ .

Le bord des pièces de profondeur 0 est contenu dans  $\Gamma$ . Pour  $n \geq 1$ , le bord des pièces de profondeur  $n$  est contenu dans le graphe  $\Gamma_n$  où la suite  $\Gamma_n$ ,  $n \geq 0$ , est définie comme suit :

$$\Gamma_0 = \Gamma, \quad \Gamma_1 = f^{-1}(\Gamma \cap X) \cup \partial X', \quad \dots, \quad \Gamma_{n+1} = f^{-n}(\Gamma_1), \quad n \geq 1.$$

Une pièce de profondeur  $n$  est donc aussi une composante connexe de  $f^{-n}(X) \setminus \Gamma_n$ .

LEMME 1.8. Soit  $\Gamma$  un graphe admissible pour une application à allure rationnelle  $f$  de  $X'$  dans  $X$ .

a) Toute pièce de profondeur  $n + 1$  du puzzle associé à  $\Gamma$  est incluse dans une unique pièce de profondeur  $n$ .

b) Pour tout point  $x$  de  $f^{-(n+1)}(X \setminus \Gamma)$ ,  $f$  induit une application de  $P_{n+1}(x)$  sur  $P_n(f(x))$  qui, selon que  $P_{n+1}(x)$  contient ou non l'éventuel point critique de  $f$ , est soit un revêtement double ramifié, soit un homéomorphisme.

c) Toutes les pièces du puzzle sont simplement connexes.

*Preuve.* a) Cela provient de l'inclusion  $X' \subset X$  et de la stabilité de  $\Gamma$ .

b) Comme les pièces de profondeur  $n$  sont les composantes connexes de  $f^{-n}(X \setminus \Gamma)$ , chaque image  $f(P_{n+1}(x))$  est contenue dans  $P_n(f(x))$ . De plus, comme  $f$  est ouverte, le bord de  $f(P_{n+1}(x))$  est inclus dans  $f(\partial P_{n+1}(x))$ , donc

dans  $f(\Gamma_{n+1}) = \Gamma_n$ . Ceci montre que l'application de  $P_{n+1}(x)$  dans  $P_n(f(x))$  induite par  $f$  est propre et est donc un revêtement ramifié. Si  $P_{n+1}(x)$  ne contient pas le point critique, cette application est un homéomorphisme; sinon, c'est un revêtement double ramifié car le point critique est simple.

c) Comme le graphe  $\Gamma$  est connexe, les pièces de profondeur 0 sont simplement connexes. On procède ensuite par récurrence. Si  $P$  est une pièce de profondeur  $n+1$ , son image  $f(P)$  est une pièce de profondeur  $n$  et est donc simplement connexe. Comme  $f$  induit un revêtement ramifié de  $P$  sur  $f(P)$ , la formule de Riemann-Hurwitz montre que  $P$  est simplement connexe.  $\square$

DÉFINITION 1.7. Si  $x \in K(f)$  est un point dont l'orbite positive ne rencontre pas  $\Gamma$ , il est contenu dans une suite infinie et décroissante de pièces. On appelle *bout* de  $x$  cette suite

$$(P_0(x) \supset P_1(x) \supset \cdots \supset P_n(x) \supset \cdots).$$

et *impression* de  $x$  l'intersection de ces pièces

$$\text{Imp}(x) = \bigcap_{n \geq 0} P_n(x).$$

Le lemme 1.8 montre que l'application  $f$  envoie naturellement le bout de  $x$  sur celui de  $f(x)$  :

$$\begin{aligned} f((P_0(x) \supset P_1(x) \supset \cdots)) &= (f(P_1(x)) \supset f(P_2(x)) \supset \cdots) \\ &= (P_0(f(x)) \supset P_1(f(x)) \supset \cdots). \end{aligned}$$

En particulier, on dit qu'un bout est *périodique* par  $f$  s'il est égal à son image par  $f^k$  pour un  $k > 0$ .

### 1.3 LE THÉORÈME DE YOCCOZ

DÉFINITION 1.9. Étant donné un graphe admissible  $\Gamma$  pour une application à allure rationnelle simple  $f$ , on dit qu'un point  $x$  de  $K(f)$  est *bagué* — à la profondeur  $n$  — si la condition suivante est satisfaite :

$$\bar{P}_{n+1}(x) \subset P_n(x).$$

On dit que  $x$  est *infiniment bagué* par  $\Gamma$  s'il est bagué à une infinité de profondeurs différentes.

Le théorème ci-dessous, dû à J.-C. Yoccoz, est un outil essentiel pour étudier la connexité locale des ensembles de Julia (voir [H, M2]). Il fait