

Opérations, dénombrement, automates

Corrigé partiel de la feuille de travaux dirigés n°1

12 février 2004

1. Tout mot de longueur 7 a au moins :

1. 1 facteur de longueur 0
2. 1 facteur de longueur 1
3. 1 facteur de longueur 2
- ⋮
8. 1 facteur de longueur 7

Ces facteurs sont 2 à 2 différents, donc tout mot de longueur 7 a au moins 8 facteurs. Or il existe 3 mots ayant effectivement 8 facteurs, par exemple : *aaaaaaa*. Tout mot de longueur 7 a au plus :

1. 1 facteur de longueur 0
2. 3 facteurs de longueur 1 (car l'alphabet a 3 lettres)
3. 6 facteurs de longueur 2 (celui qui commence en position 1, celui qui commence en position 2, ...)
4. 5 facteurs de longueur 3 (idem)
5. 4 facteurs de longueur 4 (idem)
6. 3 facteurs de longueur 5 (idem)
7. 2 facteurs de longueur 6 (idem)
8. 1 facteur de longueur 7 (idem)

Un mot de longueur 7 a donc au plus 25 facteurs, et ce nombre est atteint si ces facteurs peuvent être 2 à 2 différents. Or il existe des mots pour lesquels c'est possible et donc ayant effectivement 25 facteurs, par exemple : $v = abcacba$. En effet, pour v les facteurs de longueur 2 sont 2 à 2 différents ce qui implique que tous les facteurs (de longueur au moins 2) sont 2 à 2 différents.

2.

b) $L_1^+(L_1^* \cup L_0^*) = L_1^+L_1^* \cup L_1^+L_0^*$

Oui : distributivité de la concaténation par rapport à l'union.

$$L_1^+(L_1^+ \cap L_0^*) = L_1^+L_1^+ \cap L_1^+L_0^*$$

Non : car $(L_1^+ \cap L_0^*) = \emptyset$ et donc $L_1^+(L_1^+ \cap L_0^*) = \emptyset$. Par ailleurs, comme $\varepsilon \in L_0^*$, on a : $L_1^+L_1^+ \cap L_1^+L_0^* \subset L_1^+L_1^+$ et donc un ensemble non-vide.

c) La distributivité de la concaténation par rapport à l'union assure que la première égalité est vraie. La deuxième égalité est fautive (car déjà fautive précédemment !). On peut en donner un autre contre-exemple : $L = \{a, b, bc\}$ et $M = \{a, c\}$. En effet, il est immédiat que $(L^+ \cap M^*) = a^+$. Et donc $abc \notin L^+(L^+ \cap M^*)$, alors que abc appartient à $L^+L^+ \cap L^+M^*$.

3.

a) C'est le nombre d'applications d'un ensemble à p éléments dans un ensemble à n éléments, i.e. n^p .

b) Il y a $(n-1)^p$ mots de longueur p ne contenant pas la lettre a , donc il y a $n^p - (n-1)^p$ mots de longueur p contenant la lettre a .

c) Il y a p possibilités pour insérer une (unique) lettre a dans un mot de longueur $p-1$ ne contenant pas de lettre a , d'où $p \times (n-1)^{p-1}$ mots contenant exactement une occurrence de la lettre a .

d) On prend toutes les parties à q éléments de l'ensemble à p éléments des positions dans un mot de longueur p (c'est C_p^q). Ces q positions choisies sont celles des a , il reste à mettre ailleurs un mot quelconque (sans a) de longueur $p-q$, d'où $C_p^q \times (n-1)^{p-q}$ mots ayant exactement q occurrences de la lettre a .

e) Appelons s_p le nombre de mots de longueur p où chacune des 3 lettres de l'alphabet apparaît au moins une fois (on peut voir s_p comme le nombre de surjections d'un ensemble à p éléments dans un ensemble à 3 éléments). Notons par t_p le nombre de mots de longueur p où chacune des 2 lettres d'un alphabet apparaît au moins une fois et par u_p le nombre de mots de longueur p où l'unique lettre d'un alphabet de taille 1 apparaît au moins une fois. Il y a 3^p mots de longueur p (sur un alphabet à 3 éléments $\{a, b, c\}$), et on a la relation :

$$s_p = 3^p - (3t_p + 3u_p).$$

En effet, parmi les mots de longueur p il faut enlever :

- les mots écrits avec exactement 2 lettres (il y a 3 possibilités pour prendre ces ensembles de 2 lettres)
- les mots écrits avec exactement 1 lettre (il y a 3 possibilités pour prendre ces ensembles de 1 lettre)

Il reste à calculer t_p et u_p et on a :

$$t_p = 2^p - 2u_p \text{ et}$$

$$u_p = 1$$

$$\text{Ce qui donne : } s_p = 3^p - 3 \times 2^p + 3$$

4. Considérant un alphabet à n lettres comme un ensemble de chiffres représentant les entiers de 1 à n , tout mot de Σ^+ est alors l'écriture d'un entier en base n . Il y a donc une injection de Σ^+ (et donc de Σ^*) vers $\mathbb{N}$, d'où Σ^* est dénombrable.

5. Non. En effet, si L est vide ou L est $\{\varepsilon\}$, alors L^* est $\{\varepsilon\}$.

6. D'une part tout mot de L^* est de longueur paire. D'autre part tout mot de longueur paire se factorise par paquets de 2 lettres et chacun de ces paquets est dans L , donc tout mot de longueur paire est dans L^* . La concaténation de 2 mots de longueur impaire est un mot de longueur paire, on ne peut donc pas avoir un langage X^* ne contenant que des mots de longueur impaire.