

Qu'est-ce que l'informatique théorique et comment en faire ?

Antoine Amarilli

29 avril 2017

De quoi ça va parler ?

- Un exemple de **problème** sur lequel je travaille
- La **recherche en informatique théorique** en général
- Comment est-ce que la recherche est **organisée** ?
- Comment peut-on en **faire son métier** ? (ou du moins essayer)

De quoi ça va parler ?

- Un exemple de **problème** sur lequel je travaille
- La **recherche en informatique théorique** en général
- Comment est-ce que la recherche est **organisée** ?
- Comment peut-on en **faire son métier** ? (ou du moins essayer)
- ... et est-ce une **bonne idée** ?

Qui est ce type qui me parle ?

2004–2007 Lycée des Pontonniers (Strasbourg)

2007–2009 Prépa au Lycée Kléber (Strasbourg)

2009–2013 École normale supérieure en informatique

2013–2016 Thèse à Télécom ParisTech

2016– Maître de conférences à Télécom ParisTech



Qui est ce type qui me parle ?

2004–2007 Lycée des Pontonniers (Strasbourg)

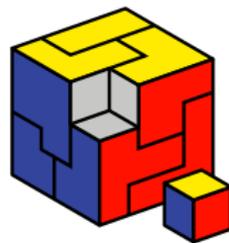
2007–2009 Prépa au Lycée Kléber (Strasbourg)

2009–2013 École normale supérieure en informatique

2013–2016 Thèse à Télécom ParisTech

2016– Maître de conférences à Télécom ParisTech

Finaliste Prologin de 2007 à 2010 (vainqueur en 2008)



Publicité : SWERC



- Concours **SWERC** (Europe du Sud-Ouest)
- À **Paris** les **25–26 novembre**
- En **équipes** de 3 (même institution)
- swerc.eu

Publicité : SWERC



- Concours **SWERC** (Europe du Sud-Ouest)
- À **Paris** les **25–26 novembre**
- En **équipes** de 3 (même institution)
- `swerc.eu`



Table des matières

Appartenance d'un entrelacement de mots à un langage

L'informatique théorique

La recherche

Vie d'un projet de recherche

Emploi du temps

Forces et faiblesses du système

Organisation professionnelle

La recherche, est-ce fait pour moi ?

Introduction aux langages

- Comment décrire un **motif** sur des mots ?
- Par exemple :
 - Les mots qui contiennent **toutes les voyelles sauf y** ?

Introduction aux langages

- Comment décrire un **motif** sur des mots ?
- Par exemple :
 - Les mots qui contiennent **toutes les voyelles sauf y** ?
 - Les mots qui ne contiennent **que y comme voyelle** ?

Introduction aux langages

- Comment décrire un **motif** sur des mots ?
- Par exemple :
 - Les mots qui contiennent **toutes les voyelles sauf y** ?
 - Les mots qui ne contiennent **que y comme voyelle** ?
 - Les mots qui contiennent **toutes les voyelles sauf y dans l'ordre** ?

Introduction aux langages

- Comment décrire un **motif** sur des mots?
- Par exemple :
 - Les mots qui contiennent **toutes les voyelles sauf y**?
 - Les mots qui ne contiennent **que y comme voyelle**?
 - Les mots qui contiennent **toutes les voyelles sauf y dans l'ordre**?

Terminologie :

- L'**alphabet** : l'ensemble des **lettres** autorisées
 - Pour simplifier : **a, b, c**

Introduction aux langages

- Comment décrire un **motif** sur des mots ?
- Par exemple :
 - Les mots qui contiennent **toutes les voyelles sauf y** ?
 - Les mots qui ne contiennent **que y comme voyelle** ?
 - Les mots qui contiennent **toutes les voyelles sauf y dans l'ordre** ?

Terminologie :

- L'**alphabet** : l'ensemble des **lettres** autorisées
 - Pour simplifier : *a, b, c*
- Un **mot** : une séquence de lettres
 - Par exemple : *ababbca*

Introduction aux langages

- Comment décrire un **motif** sur des mots?
- Par exemple :
 - Les mots qui contiennent **toutes les voyelles sauf y**?
 - Les mots qui ne contiennent **que y comme voyelle**?
 - Les mots qui contiennent **toutes les voyelles sauf y dans l'ordre**?

Terminologie :

- L'**alphabet** : l'ensemble des **lettres** autorisées
 - Pour simplifier : **a, b, c**
- Un **mot** : une séquence de lettres
 - Par exemple : **ababbca**
- Un **langage** : un ensemble de mots, **pas nécessairement fini**
 - Par exemple : **{baba, caca, abba}**
 - Par exemple : **“les mots qui ne contiennent pas c”**

Comment décrire un langage

- **En français** : “les mots qui ne contiennent pas c”
- **Informatiquement** : Avec des **expressions régulières**!

Comment décrire un langage

- **En français** : “les mots qui ne contiennent pas *c*”
- **Informatiquement** : Avec des **expressions régulières**!

Expressions régulières :

- **Étoile** $(ab)^*$: zéro, une, ou plusieurs répétitions du mot *ab*
→ Langage : $\{\epsilon, ab, abab, ababab, abababab, \dots\}$

Comment décrire un langage

- **En français** : “les mots qui ne contiennent pas *c*”
- **Informatiquement** : Avec des **expressions régulières**!

Expressions régulières :

- **Étoile** $(ab)^*$: zéro, une, ou plusieurs répétitions du mot *ab*
→ Langage : $\{\epsilon, ab, abab, ababab, abababab, \dots\}$
- **Choix** $ab|bc$: le mot *ab* ou le mot *bc*
→ Langage : $\{ab, bc\}$

Comment décrire un langage

- **En français** : “les mots qui ne contiennent pas c ”
- **Informatiquement** : Avec des **expressions régulières**!

Expressions régulières :

- **Étoile** $(ab)^*$: zéro, une, ou plusieurs répétitions du mot ab
→ Langage : $\{\epsilon, ab, abab, ababab, abababab, \dots\}$
- **Choix** $ab|bc$: le mot ab ou le mot bc
→ Langage : $\{ab, bc\}$
- On peut combiner les opérateurs, par exemple $(ab|bc)^*$
→ Langage : $\{\epsilon, ab, bc, abab, abbc, bcab, bcabc, \dots\}$

Comment décrire un langage

- **En français** : “les mots qui ne contiennent pas c ”
- **Informatiquement** : Avec des **expressions régulières**!

Expressions régulières :

- **Étoile** $(ab)^*$: zéro, une, ou plusieurs répétitions du mot ab
→ Langage : $\{\epsilon, ab, abab, ababab, abababab, \dots\}$
- **Choix** $ab|bc$: le mot ab ou le mot bc
→ Langage : $\{ab, bc\}$
- On peut combiner les opérateurs, par exemple $(ab|bc)^*$
→ Langage : $\{\epsilon, ab, bc, abab, abbc, bcab, bcabc, \dots\}$
- **Concaténation** $(ab)^*a$, c'est-à-dire $(ab)^*$ suivi d'un a
→ Langage : $\{a, aba, ababa, \dots\}$

Exemple

Les mots qui ne contiennent **que y comme voyelle** ?

Exemple

Les mots qui ne contiennent **que y comme voyelle** ?

$(b|c|d|f|g|h|j|k|l|m|n|p|q|r|s|t|v|w|x|y|z)^*$

Exemple

Les mots qui ne contiennent **que y comme voyelle** ?

$(b|c|d|f|g|h|j|k|l|m|n|p|q|r|s|t|v|w|x|y|z)^*$

Les mots qui contiennent **toutes les voyelles sauf y dans l'ordre** ?

Exemple

Les mots qui ne contiennent **que y comme voyelle** ?

`(b|c|d|f|g|h|j|k|l|m|n|p|q|r|s|t|v|w|x|y|z)*`

Les mots qui contiennent **toutes les voyelles sauf y dans l'ordre** ?

`.*a.*e.*i.*o.*u.*`

Exemple

Les mots qui ne contiennent **que y comme voyelle** ?

`(b|c|d|f|g|h|j|k|l|m|n|p|q|r|s|t|v|w|x|y|z)*`

Les mots qui contiennent **toutes les voyelles sauf y dans l'ordre** ?

`.*a.*e.*i.*o.*u.*`

Les mots qui contiennent **toutes les voyelles sauf y** ?

Exemple

Les mots qui ne contiennent **que y comme voyelle** ?

$(b|c|d|f|g|h|j|k|l|m|n|p|q|r|s|t|v|w|x|y|z)^*$

Les mots qui contiennent **toutes les voyelles sauf y dans l'ordre** ?

$.^*a.^*e.^*i.^*o.^*u.^*$

Les mots qui contiennent **toutes les voyelles sauf y** ?

... **possible** mais **pénible** !

Comment tester si un mot est dans un langage

- Pour un langage : $(ab|c|bb)^*$
 - Étant donné un mot : *abcabababbbabab*
- Comment **déterminer** si un mot est dans le langage ?

Comment tester si un mot est dans un langage

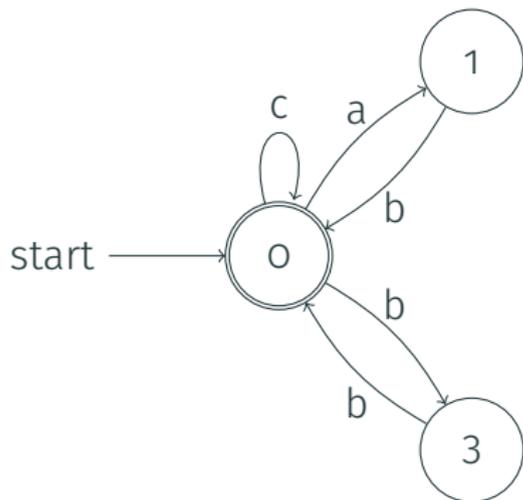
- Pour un langage : $(ab|c|bb)^*$
 - Étant donné un mot : *abcabababbbabab*
- Comment déterminer si un mot est dans le langage ?

Solution : les automates finis !

Comment tester si un mot est dans un langage

- Pour un **langage** : $(ab|c|bb)^*$
 - Étant donné un **mot** : $abcabababbbabab$
- Comment **déterminer** si un mot est dans le langage ?

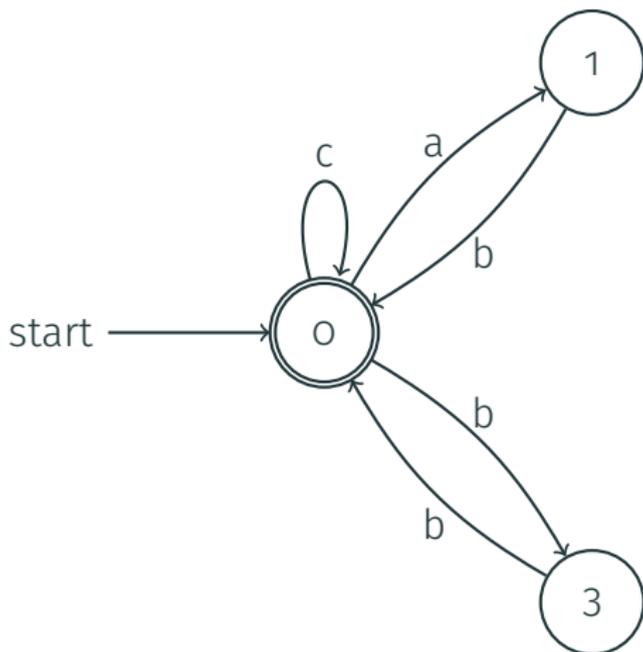
Solution : les automates finis !



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

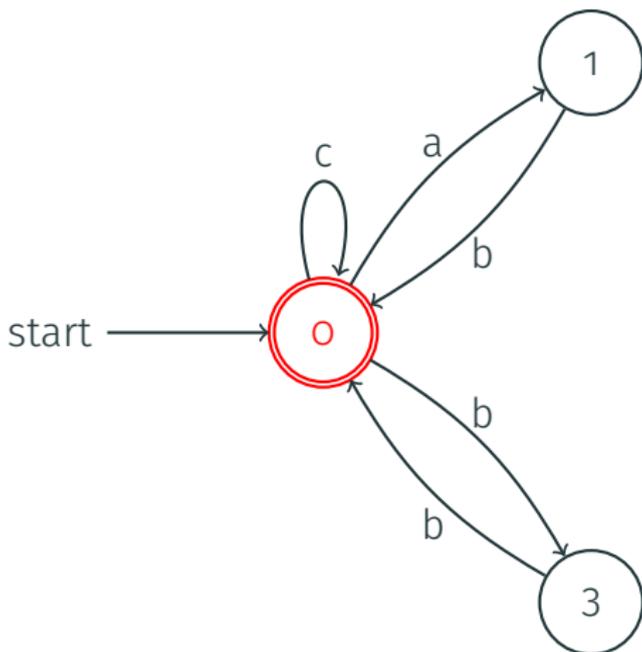
a b c a b a b a b b b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

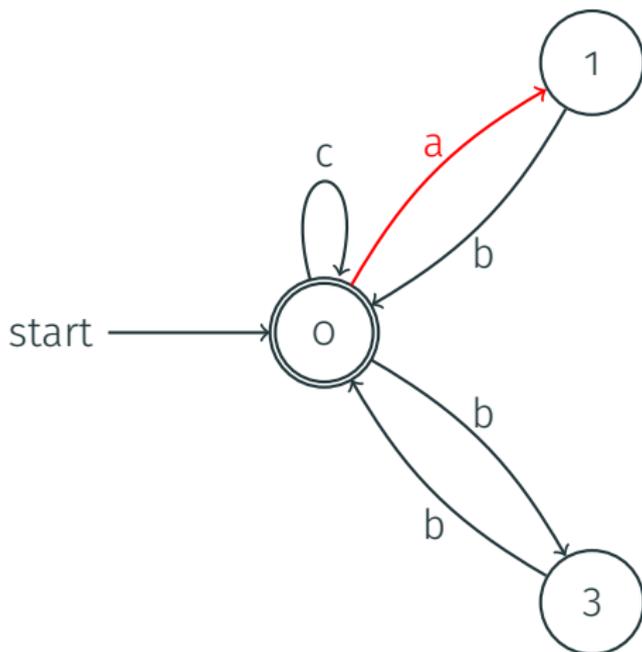
a b c a b a b a b b b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

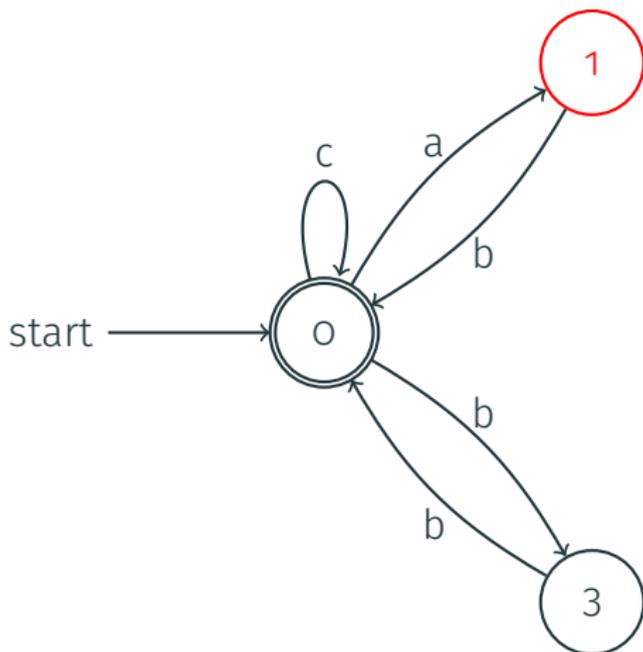
a b c a b a b a b b b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

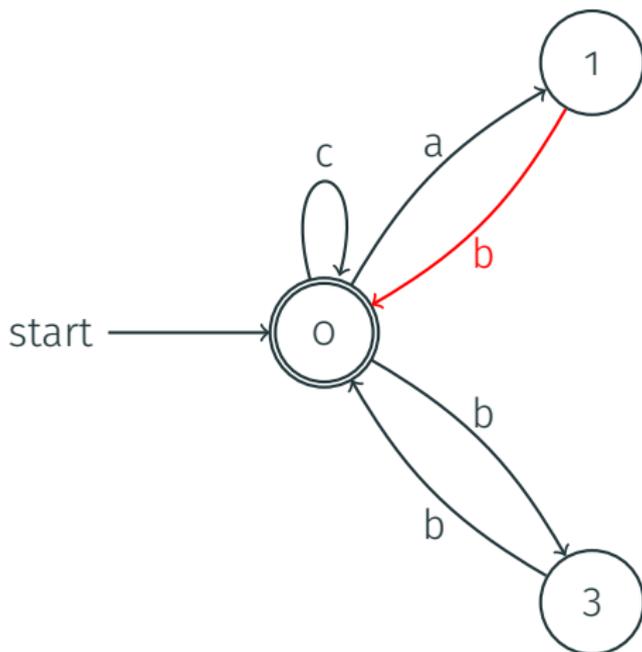
a b c a b a b a b b b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

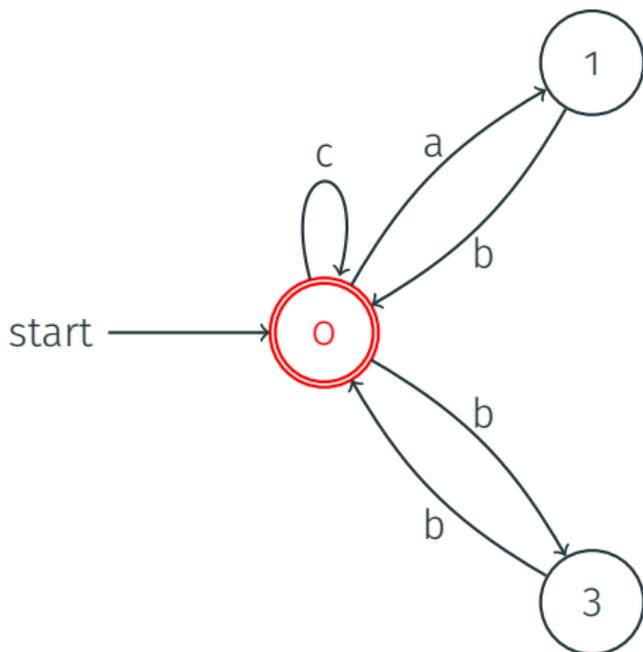
a b c a b a b a b b b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

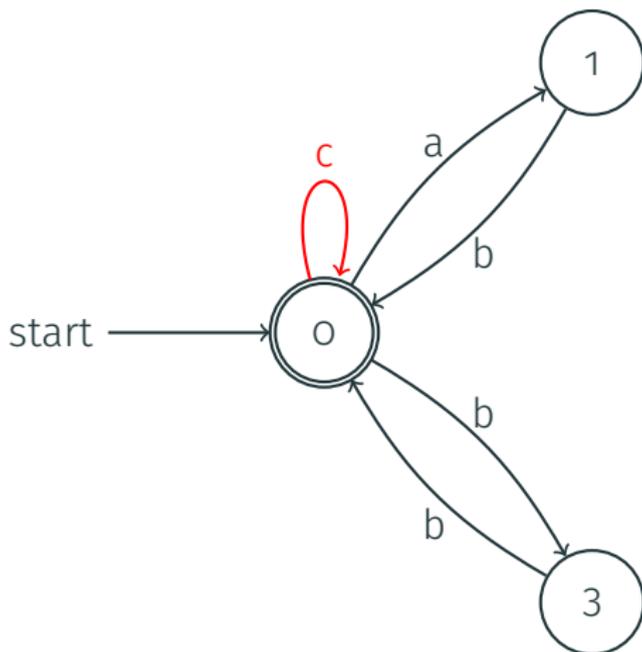
a b c a b a b a b b b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

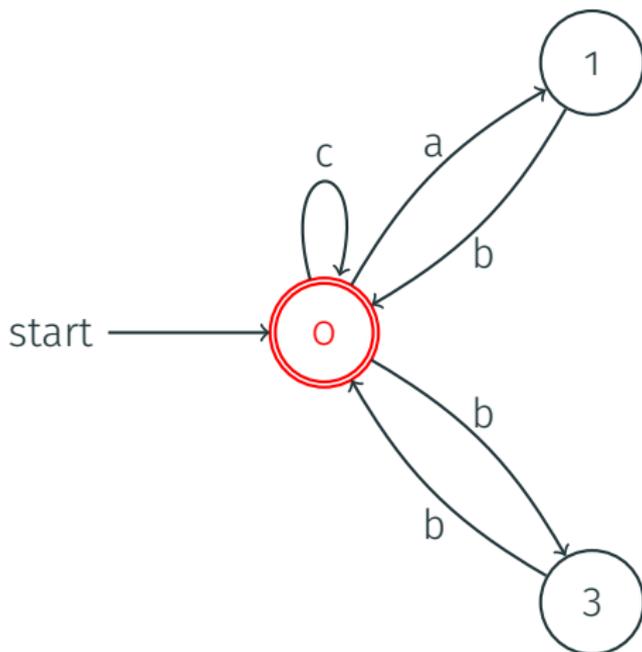
a b c a b a b a b b b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

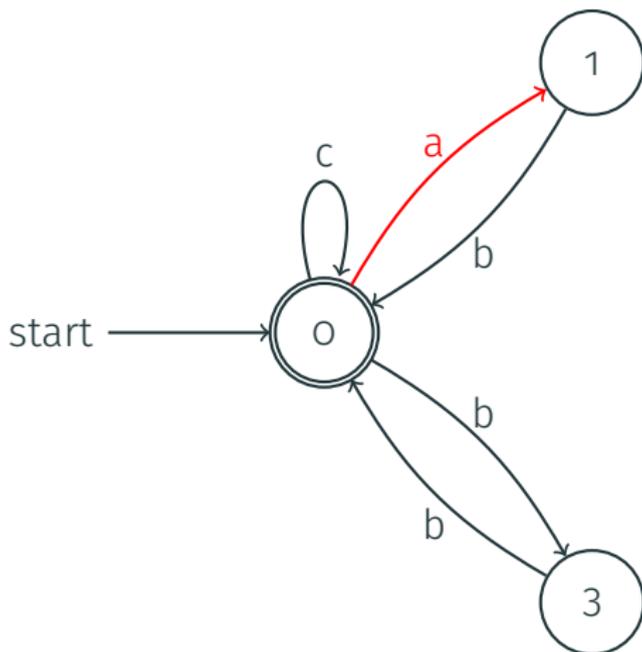
a b c a b a b a b b b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

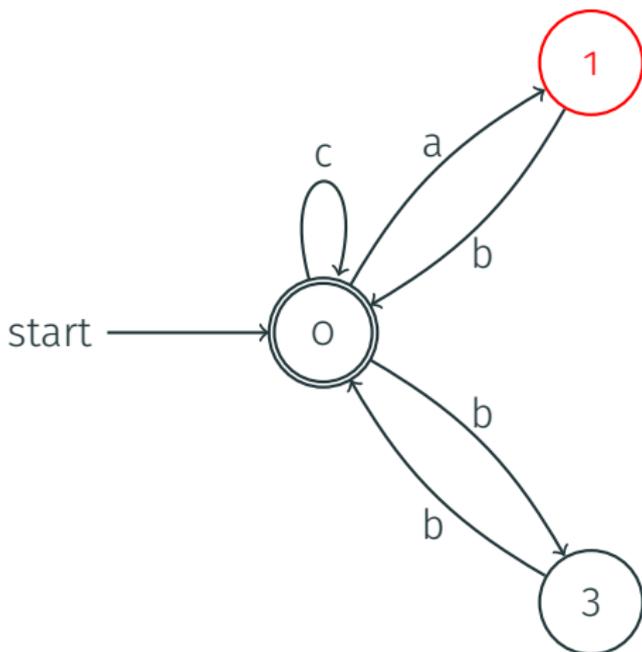
a b c a b a b a b b b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

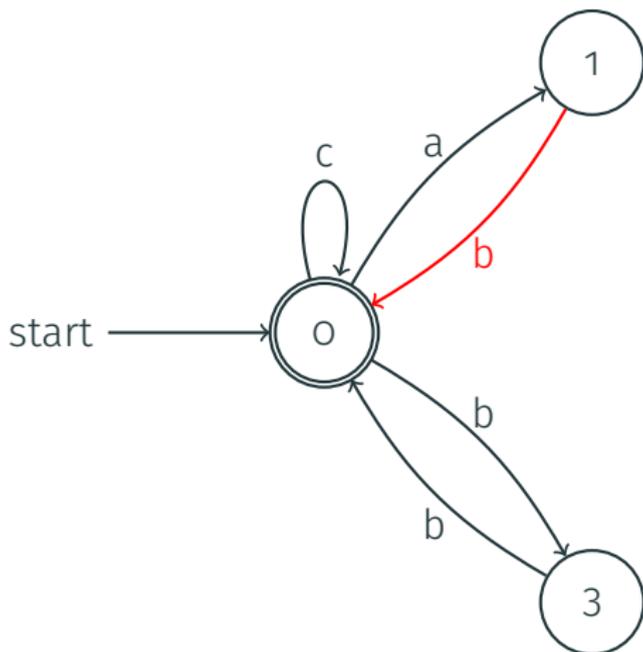
a b c a b a b a b b b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

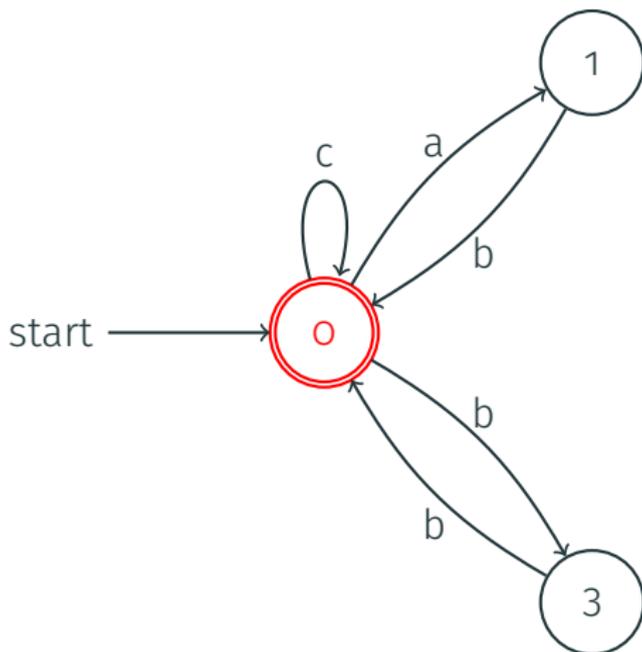
a b c a **b** a b a b b b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

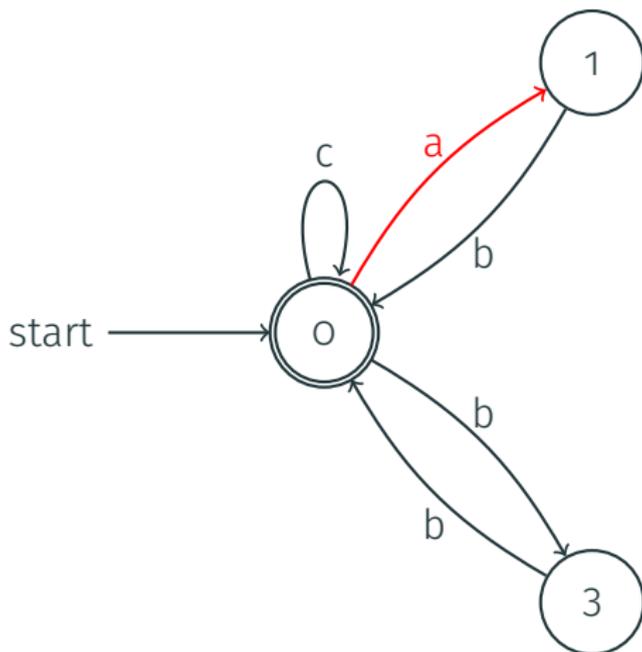
a b c a b a b a b b b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

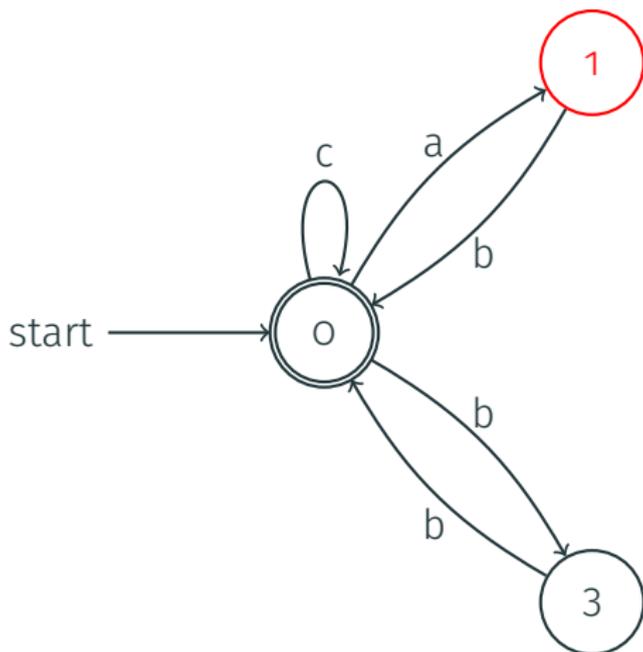
a b c a b **a** b a b b b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

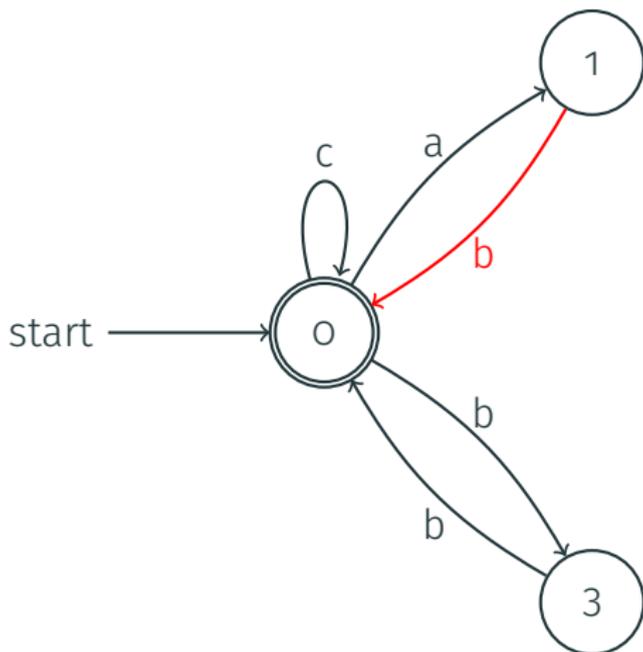
a b c a b a b a b b b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

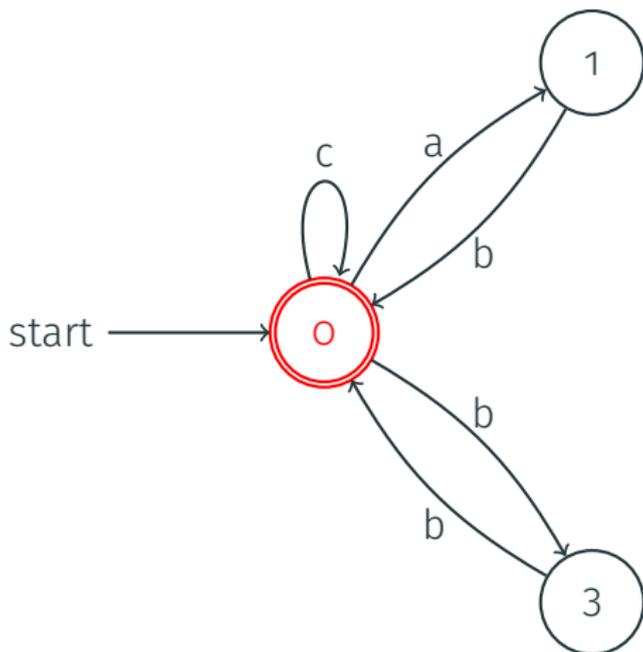
a b c a b a **b** a b b b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

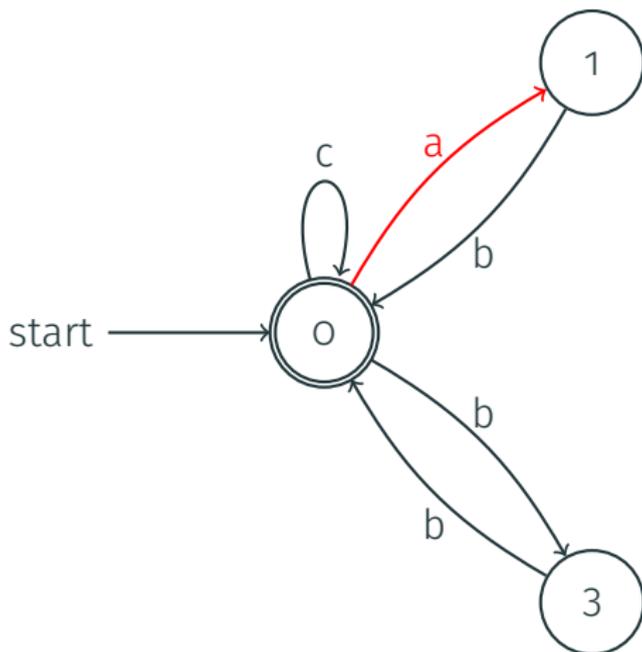
a b c a b a b a b b b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

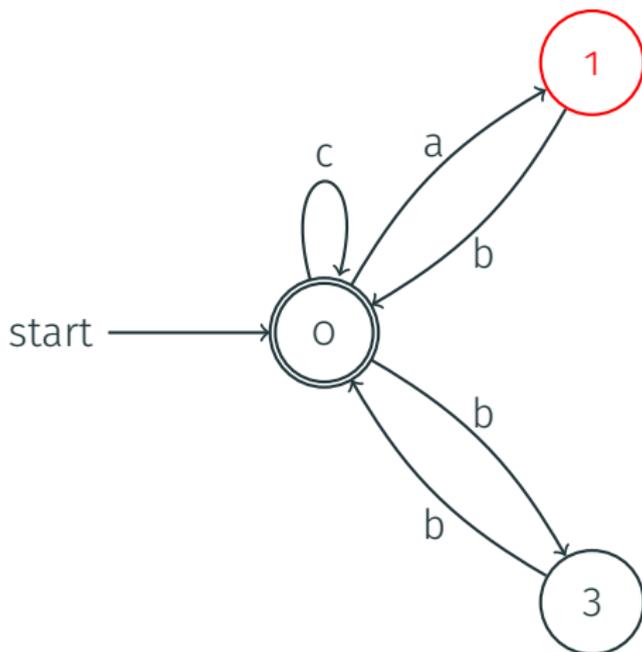
a b c a b a b **a** b b b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

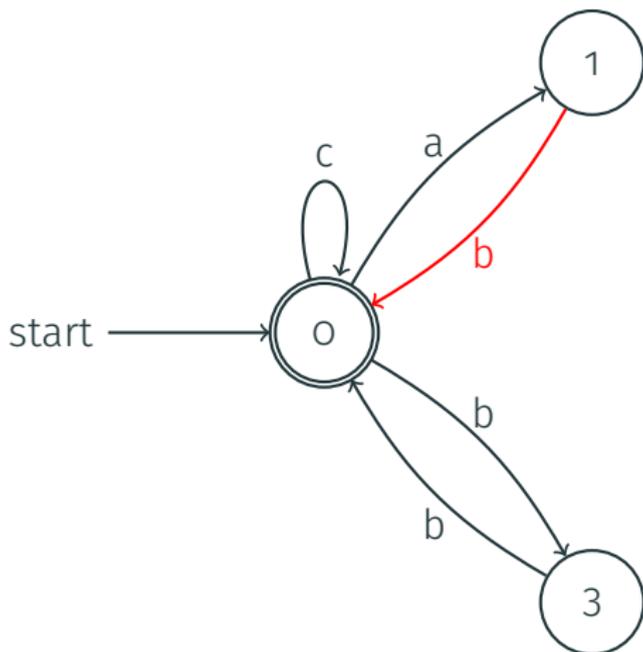
a b c a b a b a b b b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

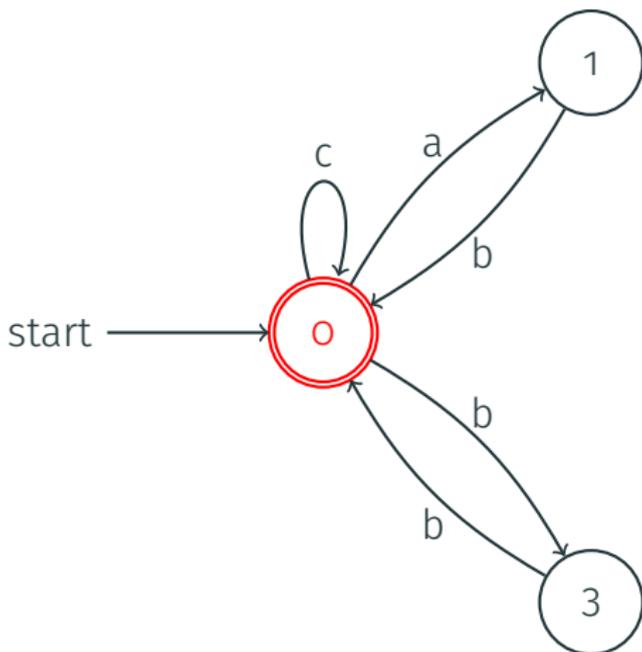
a b c a b a b a **b** b b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

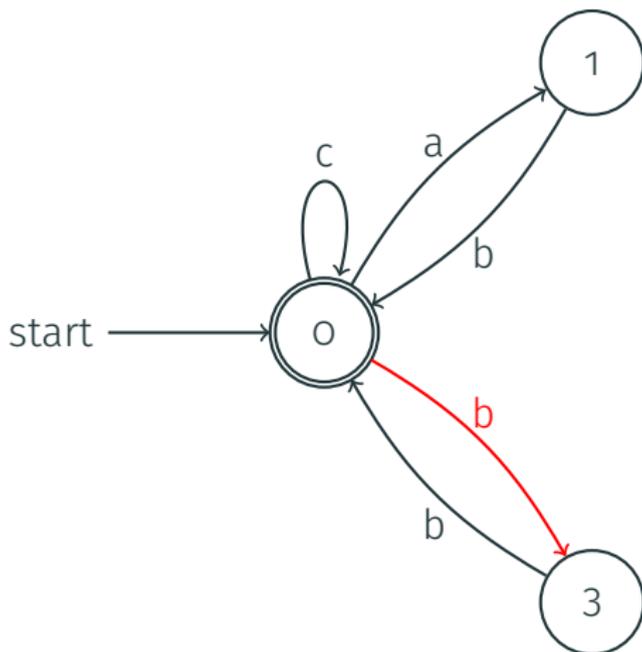
a b c a b a b a b b b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

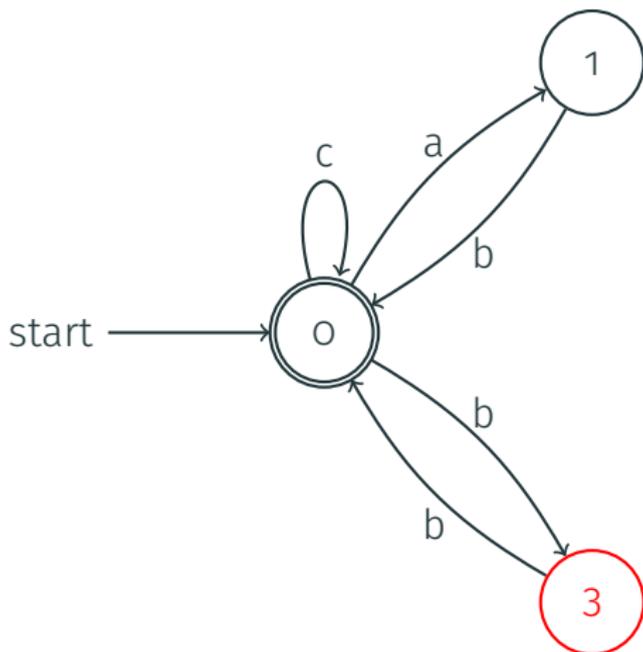
a b c a b a b a b **b** b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

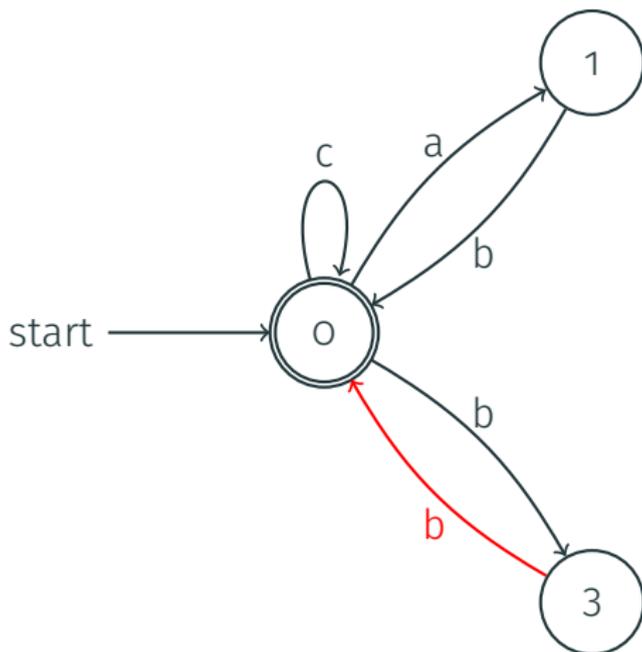
a b c a b a b a b b b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

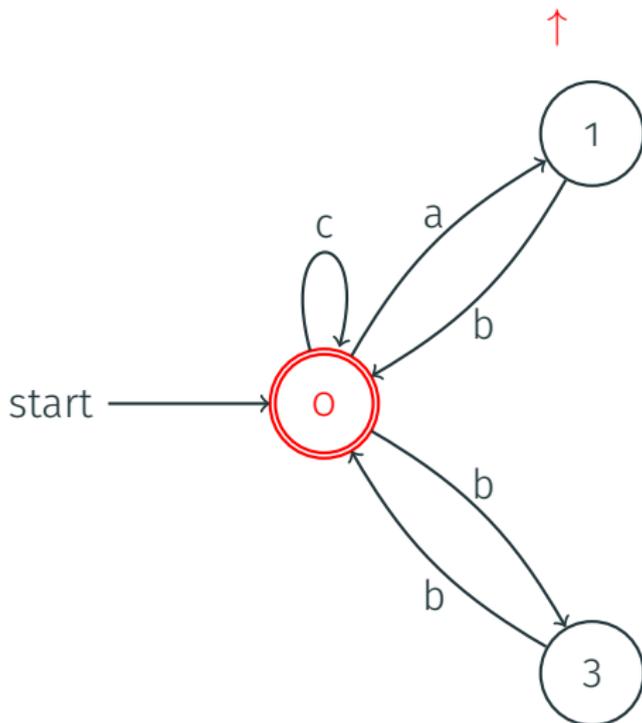
a b c a b a b a b b **b** a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

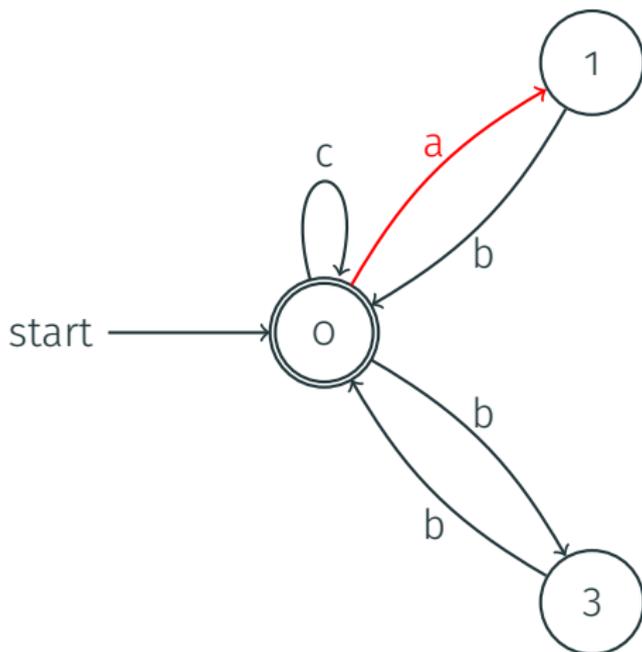
a b c a b a b a b b b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

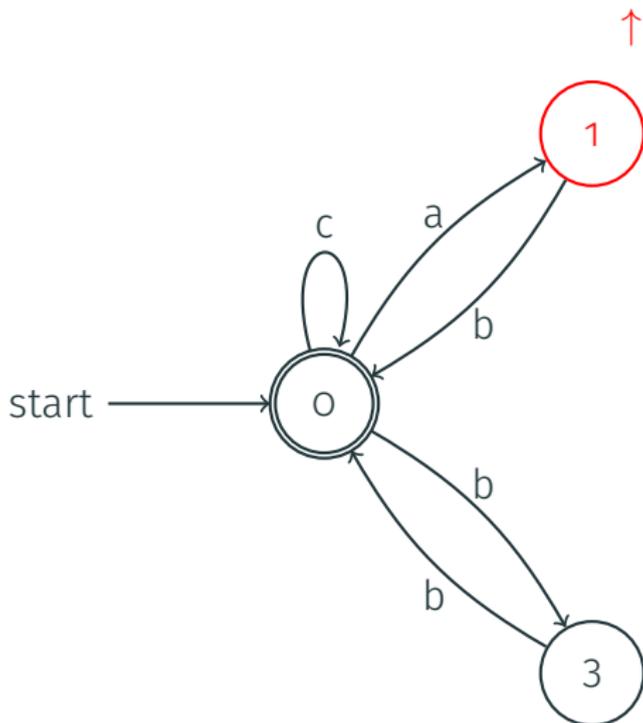
a b c a b a b a b b b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

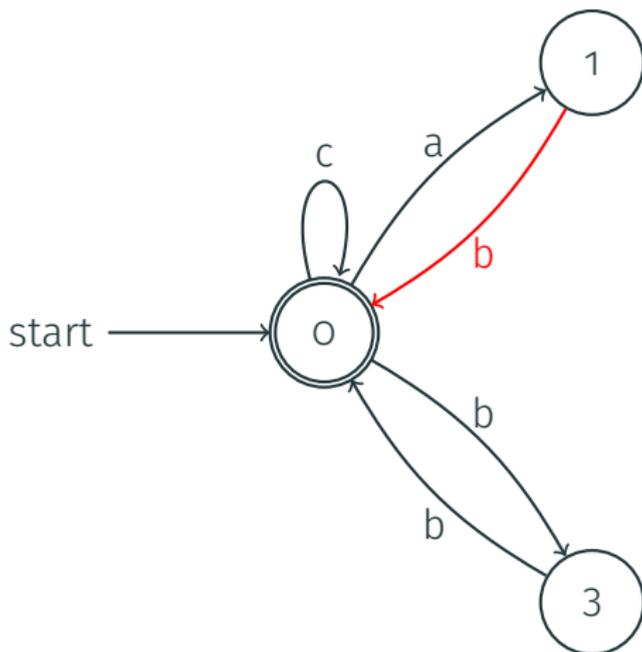
a b c a b a b a b b b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

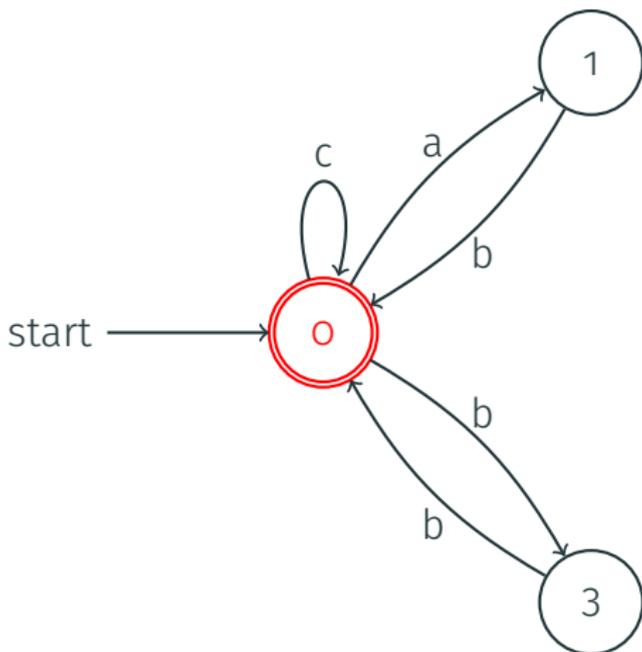
a b c a b a b a b b b a **b** a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

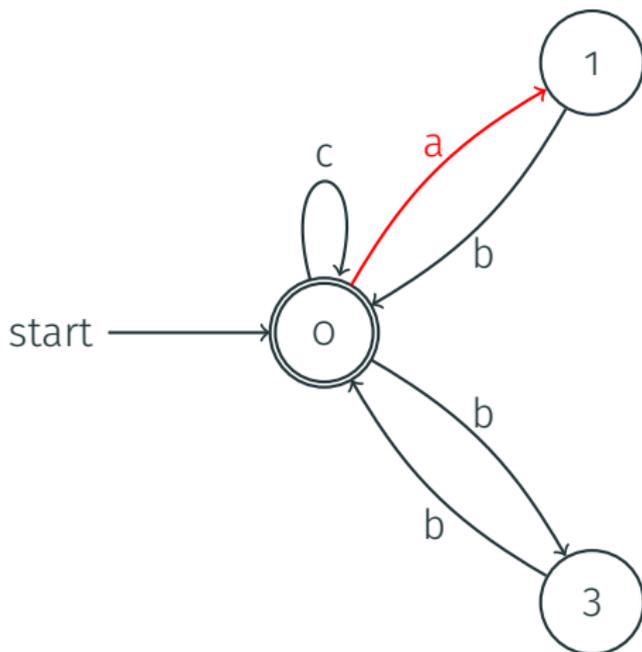
a b c a b a b a b b b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

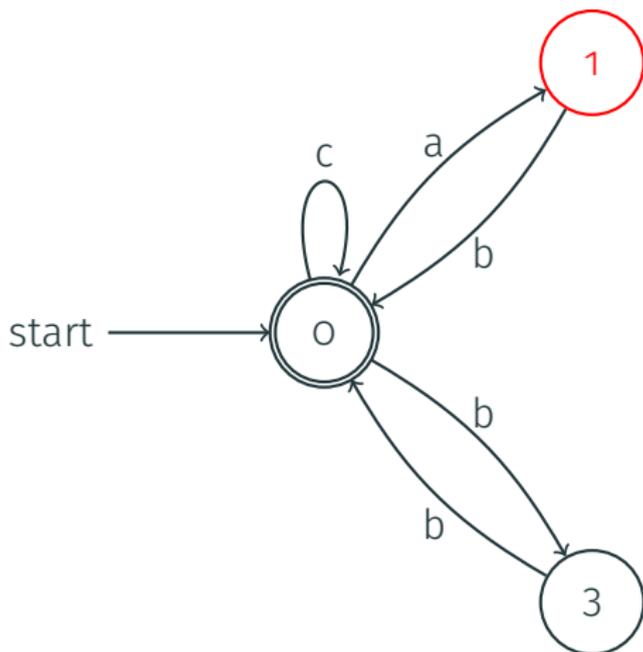
a b c a b a b a b b b a b **a** b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

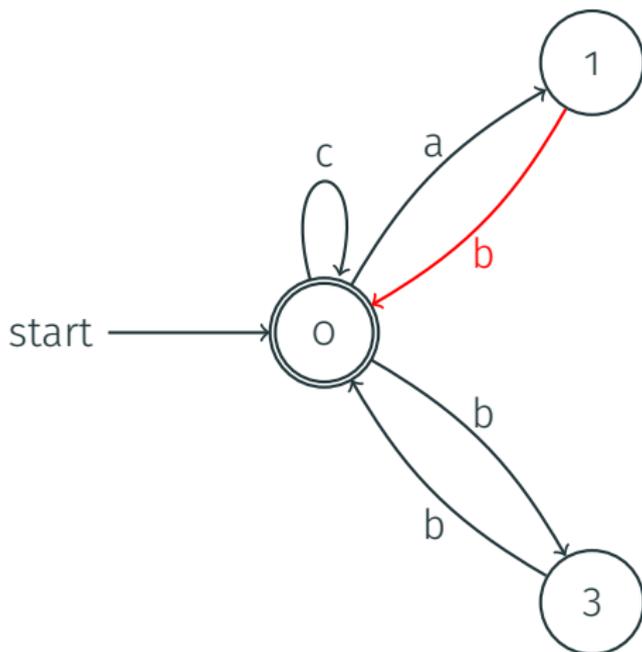
a b c a b a b a b b b a b a b



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

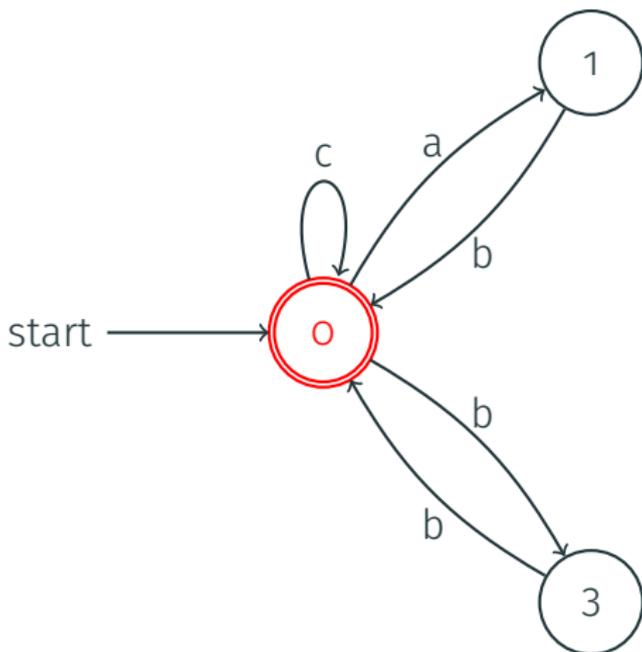
a b c a b a b a b b b a b a **b**



Fonctionnement d'un automate

Langage : $(ab|c|bb)^*$

a b c a b a b a b b b a b a b



Récapitulatif : langages réguliers

- **Expression régulière** : construite à partir des mots et des opérateurs **étoile** e^* , **choix** $e_1|e_2$, **concaténation** e_1e_2
- **Automate** : un graphe orienté avec un état initial, des états finals, et des arêtes étiquetées par des lettres

Récapitulatif : langages réguliers

- **Expression régulière** : construite à partir des mots et des opérateurs **étoile** e^* , **choix** $e_1|e_2$, **concaténation** e_1e_2
- **Automate** : un graphe orienté avec un état initial, des états finals, et des arêtes étiquetées par des lettres

Théorème de Kleene (admis)

- Étant donné une expression régulière, on peut calculer un automate qui accepte son langage
- Étant donné un automate, on peut calculer une expression régulière qui décrit le langage qu'il accepte

Récapitulatif : langages réguliers

- **Expression régulière** : construite à partir des mots et des opérateurs **étoile** e^* , **choix** $e_1|e_2$, **concaténation** e_1e_2
- **Automate** : un graphe orienté avec un état initial, des états finals, et des arêtes étiquetées par des lettres

Théorème de Kleene (admis)

- Étant donné une expression régulière, on peut calculer un automate qui accepte son langage
- Étant donné un automate, on peut calculer une expression régulière qui décrit le langage qu'il accepte

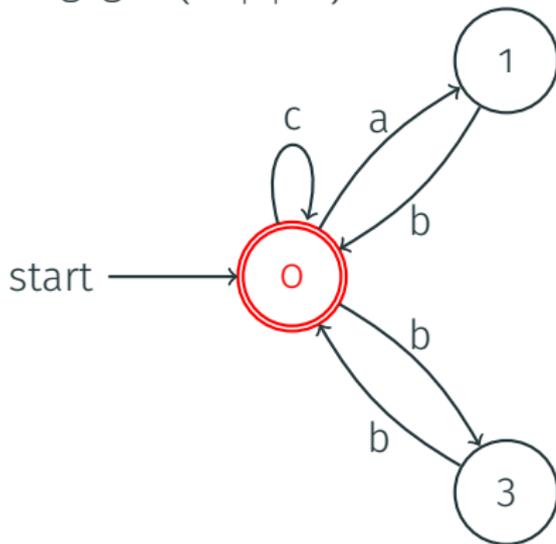
→ Les **langages réguliers** sont les langages ainsi définis

Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

Langage : $(ab|c|bb)^*$

b b
↑
a b c
↑
b a
↑



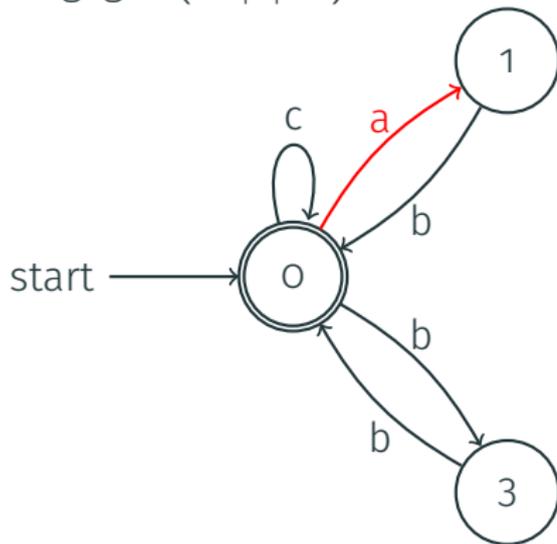
Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

Langage : $(ab|c|bb)^*$

b b
↑
a b c

b a
↑

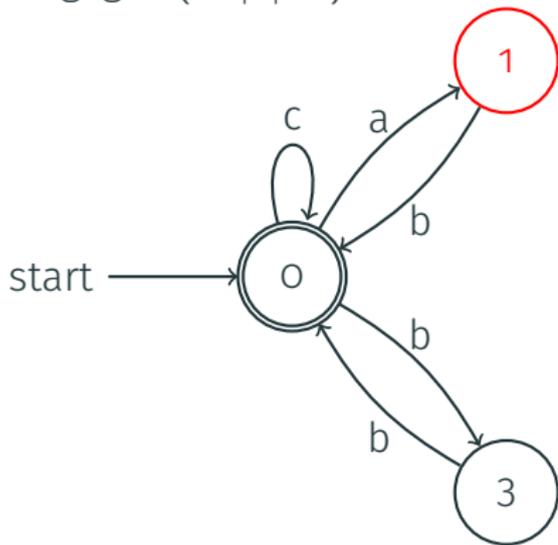


Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

Langage : $(ab|c|bb)^*$

b b
↑
 a b c
↑
 b a
↑



Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

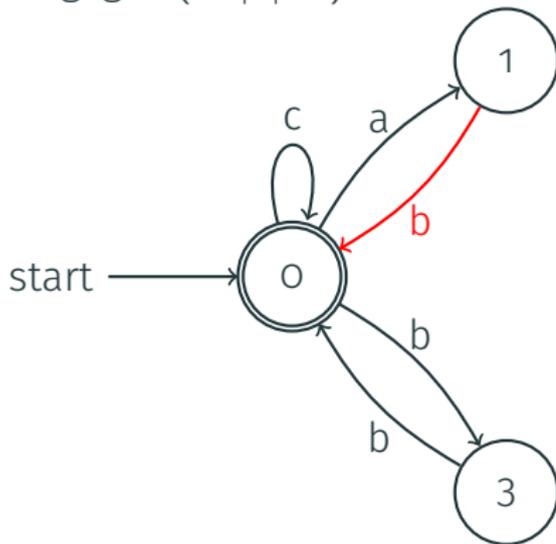
Langage : $(ab|c|bb)^*$

b b

a b c



b a



Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

Langage : $(ab|c|bb)^*$

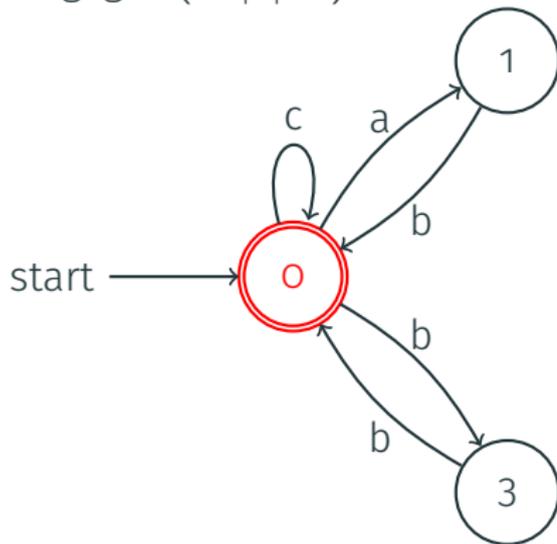
b b



a b c



b a



Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

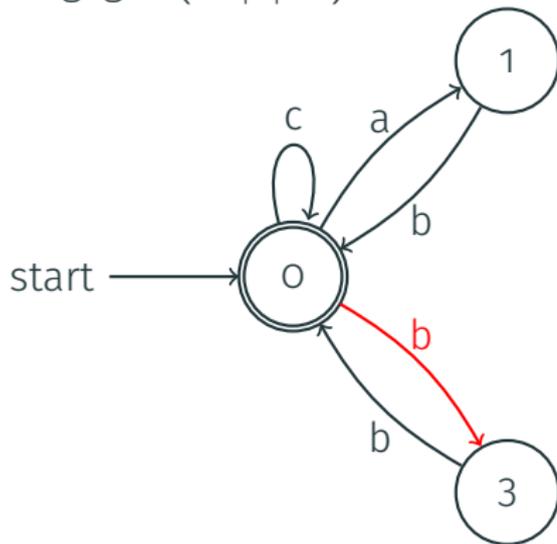
Langage : $(ab|c|bb)^*$

b b



a b c

b a



Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

Langage : $(ab|c|bb)^*$

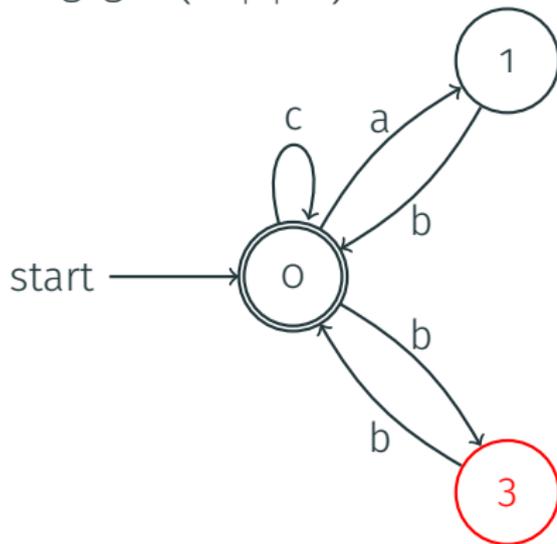
b b



a b c



b a



Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

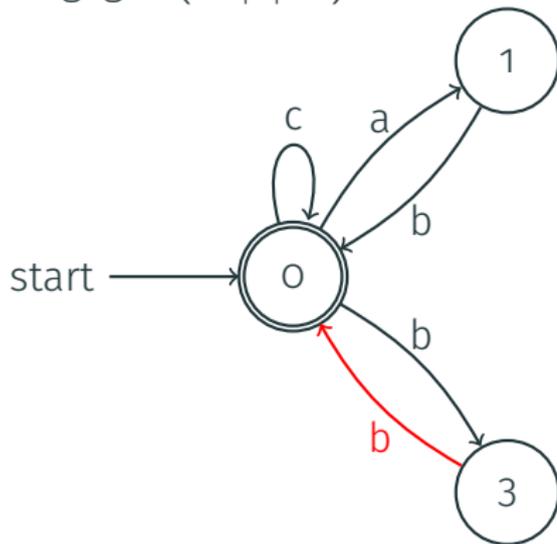
Langage : $(ab|c|bb)^*$

b *b*

a *b* *c*



b *a*



Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

Langage : $(ab|c|bb)^*$

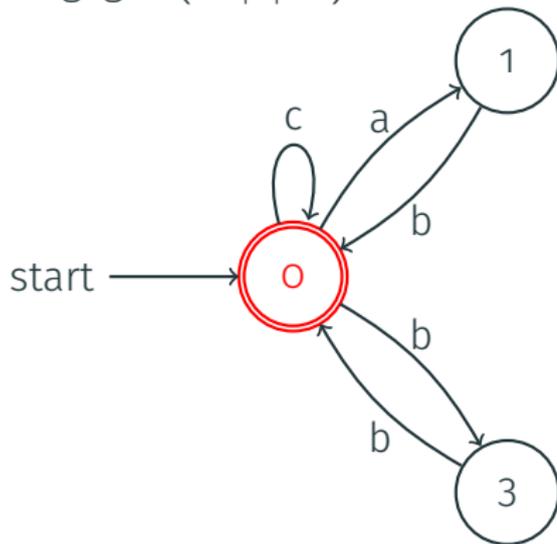
b b



a b c



b a



Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

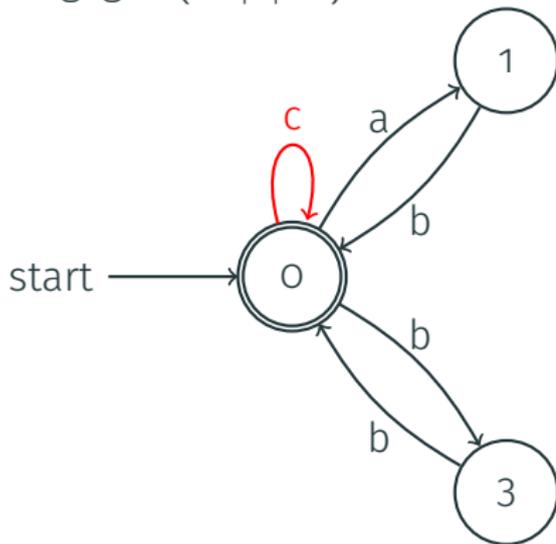
Langage : $(ab|c|bb)^*$

b b



a b c

b a

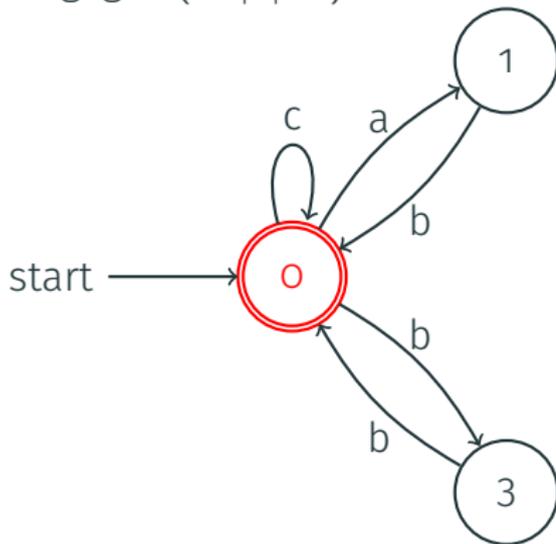


Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

Langage : $(ab|c|bb)^*$

b *b*
 ↑
a *b* *c*
 ↑
b *a*
↑



Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

Langage : $(ab|c|bb)^*$

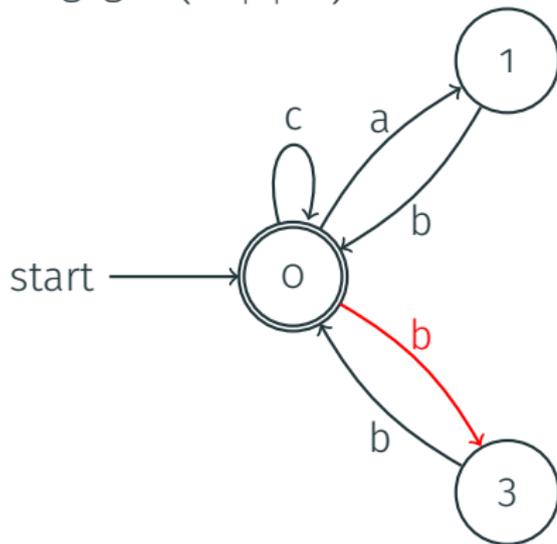
b b



a b c



b a

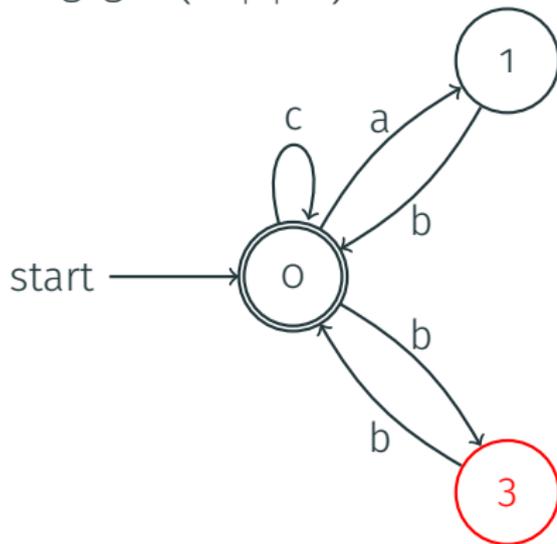


Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

Langage : $(ab|c|bb)^*$

b b
 ↑
a b c
 ↑
b a
 ↑

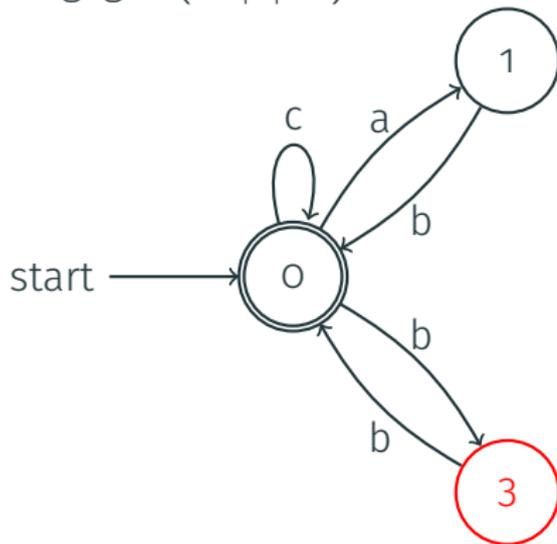


Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

Langage : $(ab|c|bb)^*$

b b
 ↑
a b c
 ↑
b a
 ↑



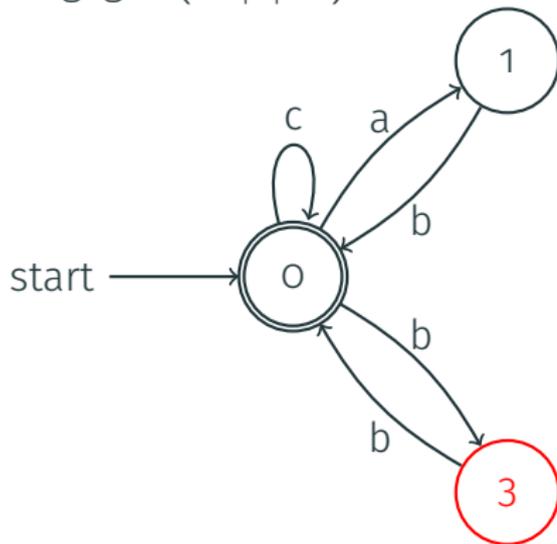
Nous avons tous **perdu** !

Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

Langage : $(ab|c|bb)^*$

b b
 ↑
a b c
 ↑
b a
 ↑



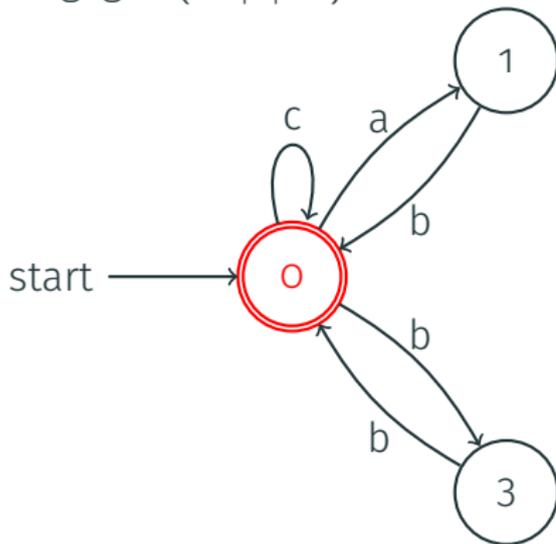
Nous avons tous **perdu** ! Essayons encore...

Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

Langage : $(ab|c|bb)^*$

b b
↑
a b c
↑
b a
↑

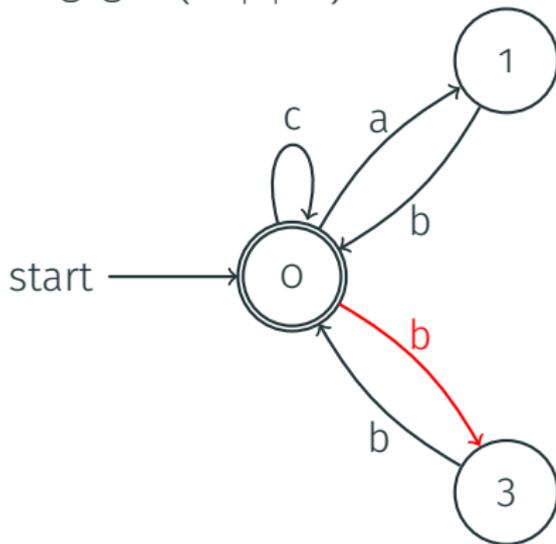


Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

Langage : $(ab|c|bb)^*$

b b
↑
a b c
↑
b a

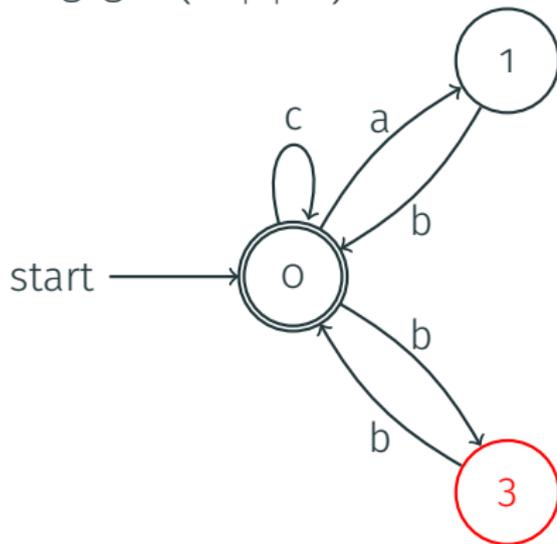


Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

Langage : $(ab|c|bb)^*$

b b
↑
a b c
↑
b a
↑



Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

Langage : $(ab|c|bb)^*$

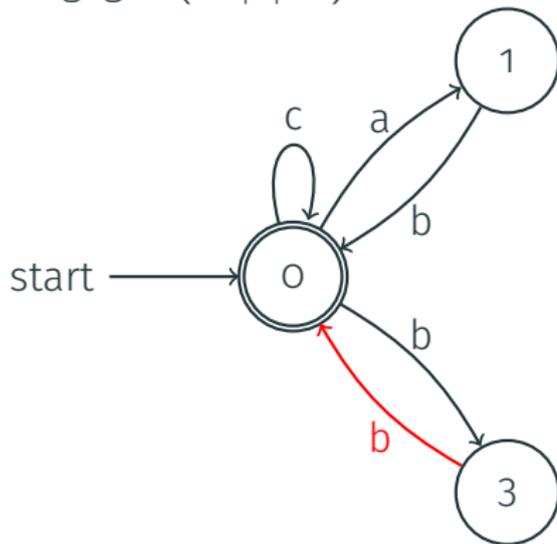
b *b*

a *b* *c*

↑

b *a*

↑

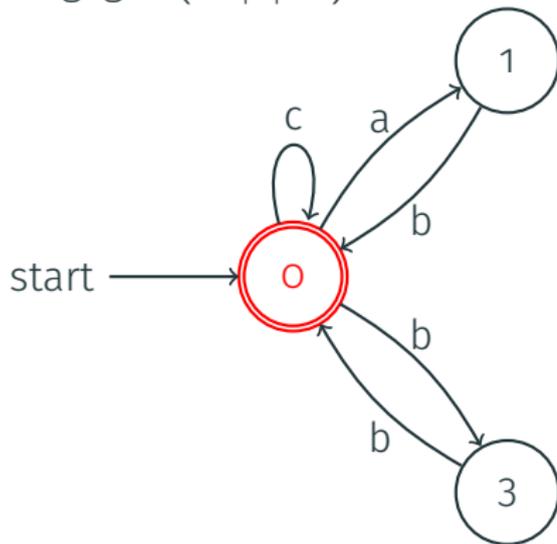


Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

Langage : $(ab|c|bb)^*$

b b
 ↑
a b c
↑
b a
 ↑

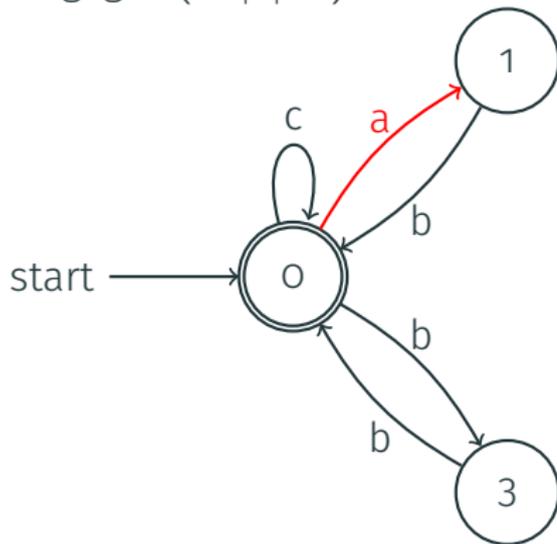


Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

Langage : $(ab|c|bb)^*$

b *b*
↑
a *b* *c*
↑
b *a*

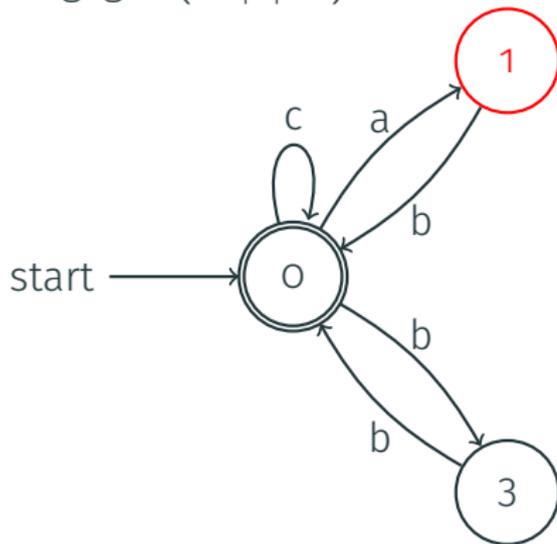


Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

Langage : $(ab|c|bb)^*$

b *b*
↑
a *b* *c*
↑
b *a*
↑



Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

Langage : $(ab|c|bb)^*$

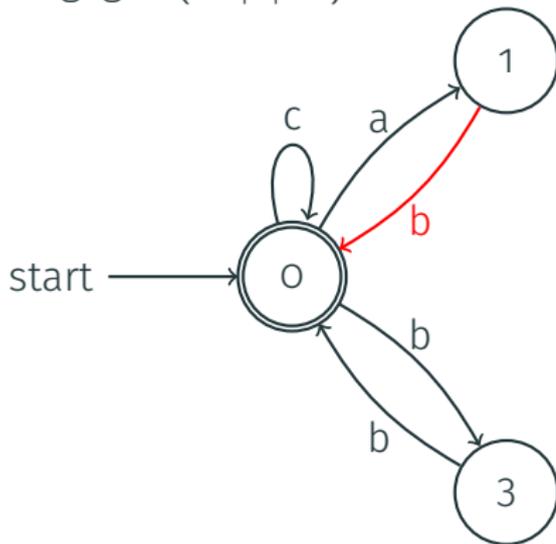
b *b*

a *b* *c*

↑

b *a*

 ↑



Entrelacements

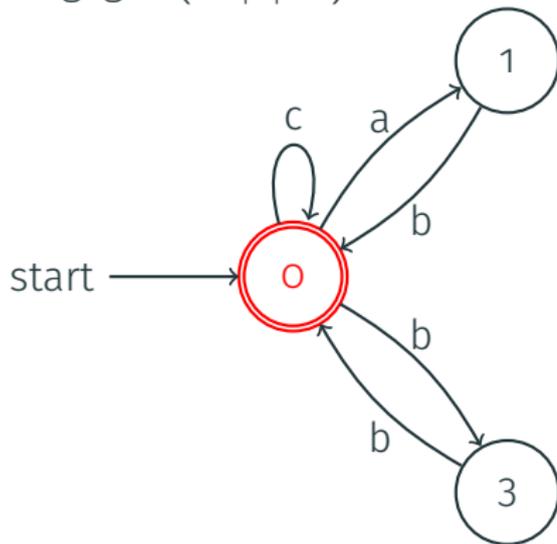
Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

Langage : $(ab|c|bb)^*$

b *b*
 ↑

a *b* *c*
↑

b *a*
 ↑

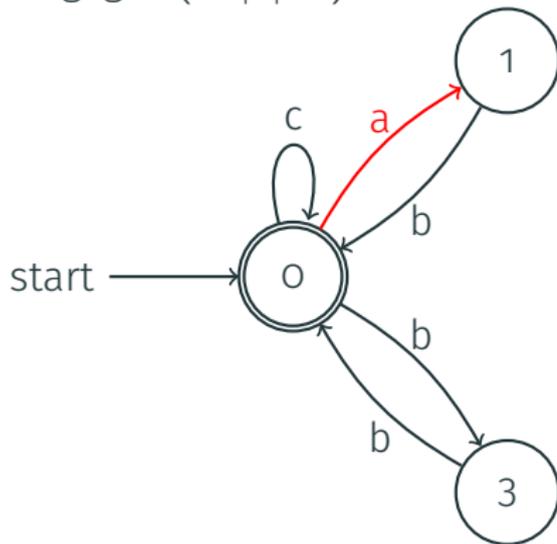


Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

Langage : $(ab|c|bb)^*$

b b
 ↑
a b c
 ↑
b a
 ↑



Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

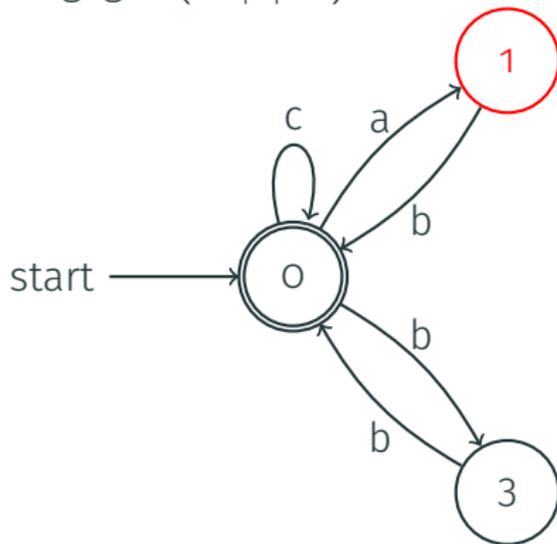
Langage : $(ab|c|bb)^*$

b b



a b c

b a



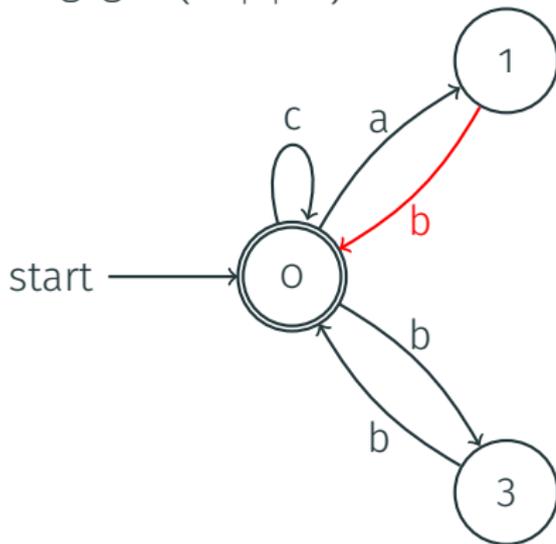
Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

Langage : $(ab|c|bb)^*$

b *b*
 ↑
a *b* *c*

b *a*
 ↑

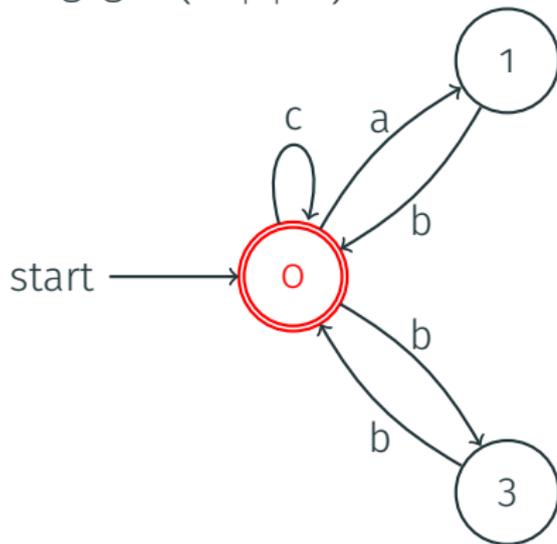


Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

Langage : $(ab|c|bb)^*$

b *b*
 ↑
a *b* *c*
 ↑
b *a*
 ↑



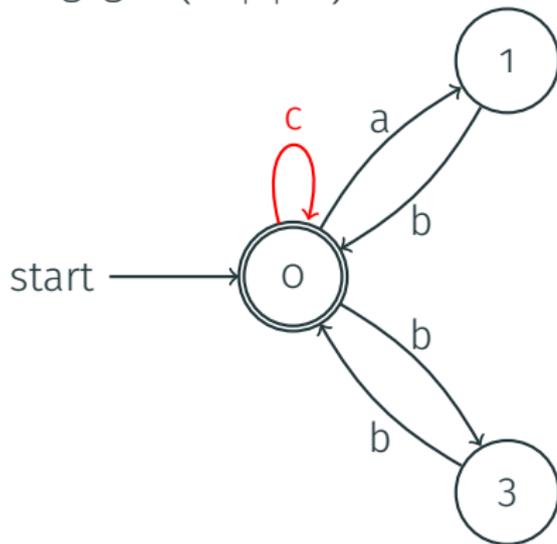
Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

Langage : $(ab|c|bb)^*$

b b
 ↑
a b c

b a
 ↑



Entrelacements

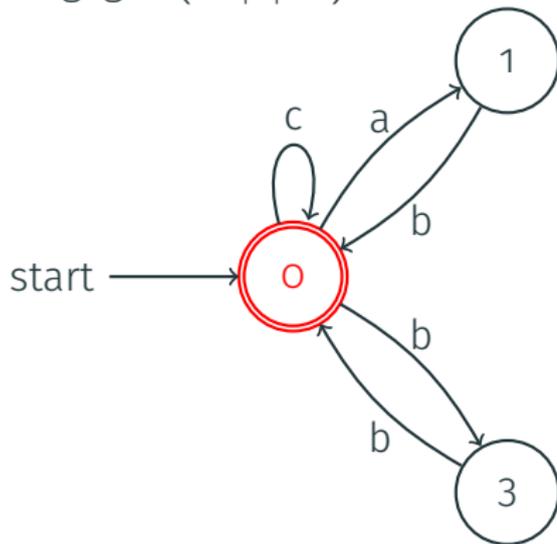
Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

Langage : $(ab|c|bb)^*$

b *b*
 ↑

a *b* *c*
 ↑

b *a*
 ↑

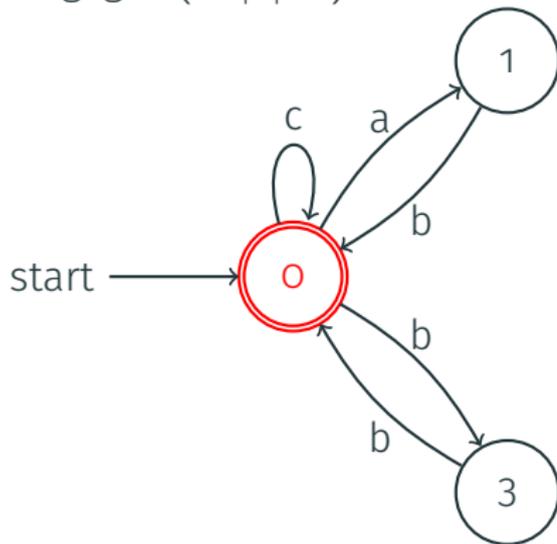


Entrelacements

Que se passe-t-il si j'ai **plusieurs mots** d'où je peux lire ?

Langage : $(ab|c|bb)^*$

b b
 ↑
a b c
 ↑
b a
 ↑



Victoire! Le mot est accepté!

Quel rapport avec les entrelacements?

- Un **entrelacement** des mots *bb*, *abc*, *ba* est une façon de **mélanger** leurs lettres qui **conserve l'ordre** dans chaque mot

Quel rapport avec les entrelacements?

- Un **entrelacement** des mots bb , abc , ba est une façon de **mélanger** leurs lettres qui **conserve l'ordre** dans chaque mot

	b		b				
<hr/>							
a		b		c			
<hr/>							
					b	a	
<hr/>							
a	b	b	b	c	b	a	

Quel rapport avec les entrelacements?

- Un **entrelacement** des mots bb , abc , ba est une façon de **mélanger** leurs lettres qui **conserve l'ordre** dans chaque mot

	b		b				
<hr/>							
a		b		c			
<hr/>							
					b	a	
<hr/>							
a	b	b	b	c	b	a	

		b			b		
<hr/>							
					a	b	c
<hr/>							
b		a					
<hr/>							
b	b	a	b	a	b	c	

Quel rapport avec les entrelacements?

- Un **entrelacement** des mots bb , abc , ba est une façon de **mélanger** leurs lettres qui **conserve l'ordre** dans chaque mot

	b		b				
<hr/>							
a		b		c			
<hr/>							
					b	a	
<hr/>							
a	b	b	b	c	b	a	

		b			b		
<hr/>							
					a	b	c
<hr/>							
b		a					
<hr/>							
b	b	a	b	a	b	c	

N'est pas dans $(ab|c|bb)^*$

Quel rapport avec les entrelacements?

- Un **entrelacement** des mots bb , abc , ba est une façon de **mélanger** leurs lettres qui **conserve l'ordre** dans chaque mot

	b		b				
<hr/>							
a		b		c			
<hr/>							
					b	a	
<hr/>							
a	b	b	b	c	b	a	

N'est pas dans $(ab|c|bb)^*$

		b		b			
<hr/>							
					a	b	c
<hr/>							
b		a					
<hr/>							
b	b	a	b	a	b	c	

Est dans $(ab|c|bb)^*$

Quel rapport avec les entrelacements?

- Un **entrelacement** des mots bb , abc , ba est une façon de **mélanger** leurs lettres qui **conserve l'ordre** dans chaque mot

	b		b				
<hr/>							
a		b		c			
<hr/>							
					b	a	
<hr/>							
a	b	b	b	c	b	a	

N'est pas dans $(ab|c|bb)^*$

			b			b	
<hr/>							
					a	b	c
<hr/>							
b		a					
<hr/>							
b	b	a	b	a	b	c	

Est dans $(ab|c|bb)^*$

Les mots bb , abc , ba ont **certains entrelacements** qui sont dans le langage $(ab|c|bb)^*$ et d'autres qui ne sont pas dans le langage

Question de recherche

- **Problème d'entrelacement** pour un langage régulier L :
 - **Entrée** : des mots sur l'alphabet
 - **Sortie** : est-ce qu'ils ont un entrelacement dans L ?

Question de recherche

- **Problème d'entrelacement** pour un langage régulier L :
 - **Entrée** : des mots sur l'alphabet
 - **Sortie** : est-ce qu'ils ont un entrelacement dans L ?

→ Comment **résoudre** efficacement ce problème ?

Question de recherche

- **Problème d'entrelacement** pour un langage régulier L :
 - **Entrée** : des mots sur l'alphabet
 - **Sortie** : est-ce qu'ils ont un entrelacement dans L ?

→ Comment **résoudre** efficacement ce problème ?

→ Pour **quels langages réguliers** ce problème est-il **facile** ?

Question de recherche

- **Problème d'entrelacement** pour un langage régulier L :
 - **Entrée** : des mots sur l'alphabet
 - **Sortie** : est-ce qu'ils ont un entrelacement dans L ?

→ Comment **résoudre** efficacement ce problème ?

→ Pour **quels langages réguliers** ce problème est-il **facile** ?



Collaboration avec **Charles Paperman**

Commencée en juin 2016 à une conférence à San Francisco

Poursuivie à Paris depuis (Charles à Tübingen puis à Paris)

Plan : soumettre en juillet à une conférence à Barcelone

Approches fausses et inefficaces

- Algorithme **glouton** pour choisir la prochaine lettre :

Approches fausses et inefficaces

- Algorithme **glouton** pour choisir la prochaine lettre :
 - On a parfois plusieurs mots où prendre la lettre
 - Le choix est important (cf exemple précédent)

Approches fausses et inefficaces

- Algorithme **glouton** pour choisir la prochaine lettre :
 - On a parfois plusieurs mots où prendre la lettre
 - Le choix est important (cf exemple précédent)
- Algorithme **force brute** : essayer tous les entrelacements

Approches fausses et inefficaces

- Algorithme **glouton** pour choisir la prochaine lettre :
 - On a parfois plusieurs mots où prendre la lettre
 - Le choix est important (cf exemple précédent)
- Algorithme **force brute** : essayer tous les entrelacements
 - Pour deux mots de n lettres, on a entrelacements

Approches fausses et inefficaces

- Algorithme **glouton** pour choisir la prochaine lettre :
 - On a parfois plusieurs mots où prendre la lettre
 - Le choix est important (cf exemple précédent)
- Algorithme **force brute** : essayer tous les entrelacements
 - Pour deux mots de n lettres, on a $\binom{n}{2n}$ entrelacements

Approches fausses et inefficaces

- Algorithme **glouton** pour choisir la prochaine lettre :
 - On a parfois plusieurs mots où prendre la lettre
 - Le choix est important (cf exemple précédent)
- Algorithme **force brute** : essayer tous les entrelacements
 - Pour deux mots de n lettres, on a $\binom{n}{2n}$ entrelacements
- Algorithme **dynamique** sur la position dans chaque mot

Approches fausses et inefficaces

- Algorithme **glouton** pour choisir la prochaine lettre :
 - On a parfois plusieurs mots où prendre la lettre
 - Le choix est important (cf exemple précédent)
- Algorithme **force brute** : essayer tous les entrelacements
 - Pour deux mots de n lettres, on a $\binom{n}{2n}$ entrelacements
- Algorithme **dynamique** sur la position dans chaque mot
 - Le nombre de mots n'est pas **constant**
 - Pour m mots de n lettres, il y a m^n états

Observations simples

Si le langage est **fini** alors c'est facile :

- Supposons que le langage est *ab|aabb|cc|aaaaab*
- Si on me donne des mots et qu'ils sont trop longs, alors non
- Il suffit de traiter le cas où les mots sont courts
- Je peux **tout précalculer**

Observations simples

Si le langage est **fini** alors c'est facile :

- Supposons que le langage est $ab|aabb|cc|aaaaab$
- Si on me donne des mots et qu'ils sont trop longs, alors non
- Il suffit de traiter le cas où les mots sont courts
- Je peux **tout précalculer**

Si le langage est **commutatif** alors c'est facile :

- Langage **commutatif** : l'acceptation ne dépend pas de l'ordre
- Par exemple : "le nombre de a est pair" (régulier)
- Soit **tous** les entrelacements sont acceptés, soit **aucun**

Exemples simples

- Est-ce que le langage a^* est facile?

Exemples simples

- Est-ce que le langage a^* est facile?
→ **Oui** : il est commutatif

Exemples simples

- Est-ce que le langage a^* est facile?
→ **Oui** : il est commutatif
- Est-ce que le langage $(a|b|c)^*$ est facile?

Exemples simples

- Est-ce que le langage a^* est facile?
→ **Oui** : il est commutatif
- Est-ce que le langage $(a|b|c)^*$ est facile?
→ **Oui** : il est commutatif aussi

Exemples simples

- Est-ce que le langage a^* est facile?
→ **Oui** : il est commutatif
- Est-ce que le langage $(a|b|c)^*$ est facile?
→ **Oui** : il est commutatif aussi
- Est-ce que le langage a^*b^* est facile?

Exemples simples

- Est-ce que le langage a^* est facile?
→ **Oui** : il est commutatif
- Est-ce que le langage $(a|b|c)^*$ est facile?
→ **Oui** : il est commutatif aussi
- Est-ce que le langage a^*b^* est facile?

a a b b b
 b b b b
 a a b a

Exemples simples

- Est-ce que le langage a^* est facile?
→ **Oui** : il est commutatif
- Est-ce que le langage $(a|b|c)^*$ est facile?
→ **Oui** : il est commutatif aussi
- Est-ce que le langage a^*b^* est facile?

a a b b b
 b b b b
 a a b a

Exemples simples

- Est-ce que le langage a^* est facile?
→ **Oui** : il est commutatif
- Est-ce que le langage $(a|b|c)^*$ est facile?
→ **Oui** : il est commutatif aussi
- Est-ce que le langage a^*b^* est facile?

a a b b b
 b b b b
 a a b a

→ **Oui** : possible sauf si inversion dans un des mots

Exemple difficile

- Est-ce que le langage $(ab)^*$ est facile ?

Exemple difficile

- Est-ce que le langage $(ab)^*$ est facile?
 - Il faut **autant** de a que de b

Exemple difficile

- Est-ce que le langage $(ab)^*$ est facile ?

→ Il faut **autant** de a que de b

a a b b b
 b b a b a
 a a b a

Exemple difficile

- Est-ce que le langage $(ab)^*$ est facile ?

→ Il faut **autant** de a que de b

a a b b b
 b b a b a
 a a b a

→ On a **beaucoup** de choix!

Exemple difficile

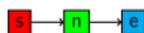
- Est-ce que le langage $(ab)^*$ est facile ?

→ Il faut **autant** de a que de b

a a b b b

b b a b a

a a b a



→ On a **beaucoup** de choix !

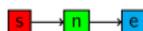
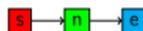
→ On peut montrer que c'est **NP-difficile**

Exemple difficile

- Est-ce que le langage $(ab)^*$ est facile?

→ Il faut **autant** de a que de b

$a \ a \ b \ b \ b$
 $b \ b \ a \ b \ a$
 $a \ a \ b \ a$



→ On a **beaucoup** de choix!

→ On peut montrer que c'est **NP-difficile**

A. Savaris and C. Papavasiliou

2013

Language is an alphabet Σ . In this problem, there is one letter in the alphabet, $\Sigma = \{a, b\}$. We will consider strings of length n over Σ . We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n .

We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n . We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n .

We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n . We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n .

We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n . We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n .

We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n . We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n .

We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n . We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n .

We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n . We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n .

We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n . We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n .

We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n . We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n .

We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n . We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n .

We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n . We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n .

We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n . We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n .

We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n . We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n .

We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n . We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n .

We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n . We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n .

We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n . We will denote the set of all strings of length n over Σ by Σ^n .

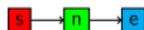
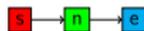
2013-2014

Exemple difficile

• Est-ce que le langage $(ab)^*$ est facile ?

→ Il faut **autant** de a que de b

$a \ a \ b \ b \ b$
 $b \ b \ a \ b \ a$
 $a \ a \ b \ a$



→ On a **beaucoup** de choix !

→ On peut montrer que c'est **NP-difficile**

A. Assef and C. Fagnano

201

language is an addition. It is the problem of determining whether a given string is in the language. It is the problem of determining whether a given string is in the language.

It is the problem of determining whether a given string is in the language. It is the problem of determining whether a given string is in the language.

It is the problem of determining whether a given string is in the language. It is the problem of determining whether a given string is in the language.

It is the problem of determining whether a given string is in the language. It is the problem of determining whether a given string is in the language.

It is the problem of determining whether a given string is in the language. It is the problem of determining whether a given string is in the language.

It is the problem of determining whether a given string is in the language. It is the problem of determining whether a given string is in the language.

It is the problem of determining whether a given string is in the language. It is the problem of determining whether a given string is in the language.

It is the problem of determining whether a given string is in the language. It is the problem of determining whether a given string is in the language.

It is the problem of determining whether a given string is in the language. It is the problem of determining whether a given string is in the language.

It is the problem of determining whether a given string is in the language. It is the problem of determining whether a given string is in the language.

202

Computational Complexity of the Language $(ab)^*$

It is the problem of determining whether a given string is in the language. It is the problem of determining whether a given string is in the language.

It is the problem of determining whether a given string is in the language. It is the problem of determining whether a given string is in the language.

It is the problem of determining whether a given string is in the language. It is the problem of determining whether a given string is in the language.

It is the problem of determining whether a given string is in the language. It is the problem of determining whether a given string is in the language.

It is the problem of determining whether a given string is in the language. It is the problem of determining whether a given string is in the language.

It is the problem of determining whether a given string is in the language. It is the problem of determining whether a given string is in the language.

It is the problem of determining whether a given string is in the language. It is the problem of determining whether a given string is in the language.

It is the problem of determining whether a given string is in the language. It is the problem of determining whether a given string is in the language.

It is the problem of determining whether a given string is in the language. It is the problem of determining whether a given string is in the language.

It is the problem of determining whether a given string is in the language. It is the problem of determining whether a given string is in the language.

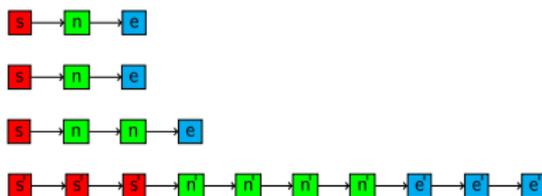
NP-complete

Exemple difficile

- Est-ce que le langage $(ab)^*$ est facile?

→ Il faut **autant** de a que de b

$a \ a \ b \ b \ b$
 $b \ b \ a \ b \ a$
 $a \ a \ b \ a$



→ On a **beaucoup** de choix!

→ On peut montrer que c'est **NP-difficile**

conversely it is indeed possible to do this. So we have $v \in f_n^i \cap L' \neq \emptyset$ iff $v \in L_i$. This establishes the reduction, and concludes the proof by Theorem 8.

By considering the ab-3-partition family, we can show instead:

▶ Theorem 10. The shuffle problem for $(ab)^*$ is NP-hard.

Proof. We let \mathcal{L} be the ab-3-partition languages, which again have a logspace commutative word problem. Given an ab-3-partition language $L_{i,j} = a^3b^i a^3b^3(ij+1)$, we define the filter-

Autres résultats de difficulté

- Est-ce que $(ab|c)^*$ est facile?

Autres résultats de difficulté

- Est-ce que $(ab|c)^*$ est facile?
 - **Non** : quand on n'a pas de c , c'est $(ab)^*$
 - Techniquement : $(ab)^*$ se **réduit** à ce langage

Autres résultats de difficulté

- Est-ce que $(ab|c)^*$ est facile?
 - **Non** : quand on n'a pas de c , c'est $(ab)^*$
 - Techniquement : $(ab)^*$ se **réduit** à ce langage
- Est-ce que $(ab|aa)^*$ est facile?

Autres résultats de difficulté

- Est-ce que $(ab|c)^*$ est facile?
 - **Non** : quand on n'a pas de c , c'est $(ab)^*$
 - Techniquement : $(ab)^*$ se **réduit** à ce langage
- Est-ce que $(ab|aa)^*$ est facile?
 - **Non** : si autant de a que de b , on ne pourra jamais utiliser aa

Autres résultats de difficulté

- Est-ce que $(ab|c)^*$ est facile?
 - **Non** : quand on n'a pas de c , c'est $(ab)^*$
 - Techniquement : $(ab)^*$ se **réduit** à ce langage
- Est-ce que $(ab|aa)^*$ est facile?
 - **Non** : si autant de a que de b , on ne pourra jamais utiliser aa
- Est-ce que $(aa|bb)^*$ est facile?

Autres résultats de difficulté

- Est-ce que $(ab|c)^*$ est facile?
 - **Non** : quand on n'a pas de c , c'est $(ab)^*$
 - Techniquement : $(ab)^*$ se **réduit** à ce langage
- Est-ce que $(ab|aa)^*$ est facile?
 - **Non** : si autant de a que de b , on ne pourra jamais utiliser aa
- Est-ce que $(aa|bb)^*$ est facile?
 - **Non** : un long mot de ab permet de forcer $(ab)^*$ sur les autres mots (non-trivial!)

Nos résultats

- Si F est un ensemble de **mots**, le langage F^* est difficile si F contient une lettre a mais aucun mot de a^*
 - Couvre $(ab)^*$, $(ab|aa)^*$, $(ab|ac|bc)^*$
 - Ne couvre pas $(aa|bb)^*$: critère **suffisant** mais pas **nécessaire**
 - Preuve pas encore complètement rédigée

Nos résultats

- Si F est un ensemble de **mots**, le langage F^* est difficile si F contient une lettre a mais aucun mot de a^*
 - Couvre $(ab)^*$, $(ab|aa)^*$, $(ab|ac|bc)^*$
 - Ne couvre pas $(aa|bb)^*$: critère **suffisant** mais pas **nécessaire**
 - Preuve pas encore complètement rédigée
- Langage $(aa|b)^*$ facile (critère glouton compliqué)

Nos résultats

- Si F est un ensemble de **mots**, le langage F^* est difficile si F contient une lettre a mais aucun mot de a^*
 - Couvre $(ab)^*$, $(ab|aa)^*$, $(ab|ac|bc)^*$
 - Ne couvre pas $(aa|bb)^*$: critère **suffisant** mais pas **nécessaire**
 - Preuve pas encore complètement rédigée
- Langage $(aa|b)^*$ facile (critère glouton compliqué)
- Langages de la forme $A_0^*a_1A_1^*\dots a_nA_n^*$ et leurs unions **faciles**
 - Couvre a^*b^* et une classe de langages réguliers qui s'appelle Σ_2

Nos résultats

- Si F est un ensemble de **mots**, le langage F^* est difficile si F contient une lettre a mais aucun mot de a^*
 - Couvre $(ab)^*$, $(ab|aa)^*$, $(ab|ac|bc)^*$
 - Ne couvre pas $(aa|bb)^*$: critère **suffisant** mais pas **nécessaire**
 - Preuve pas encore complètement rédigée
- Langage $(aa|b)^*$ facile (critère glouton compliqué)
- Langages de la forme $A_0^*a_1A_1^*\dots a_nA_n^*$ et leurs unions **faciles**
 - Couvre a^*b^* et une classe de langages réguliers qui s'appelle Σ_2
- Langages à **groupe** tractables

Progrès actuel

- 10 mois de travail, discussions, 576 mails avec Charles
- 28 pages de notes préliminaires en vrac et 26 pages de draft
- Encore beaucoup de choses à écrire ou nettoyer...

Progrès actuel

- 10 mois de travail, discussions, 576 mails avec Charles
- 28 pages de notes préliminaires en vrac et 26 pages de draft
- Encore beaucoup de choses à écrire ou nettoyer...

We now show a second lemma, to control how many times we need to insert elements in a given chain to achieve more group elements.

► **Lemma 26 (Insertion lemma).** *Let G be a finite group and $\mu : A^* \rightarrow G$ be a surjective morphism. There exists a constant $M \in \mathbb{N}$ such that, for any $n \in \mathbb{N}$, for any n -tuple w_1, \dots, w_n of words of A^* and $(n+1)$ -tuple w'_0, \dots, w'_n of words of A^* , letting $u = w'_0 w_1 w'_1 w_2 w'_2 \cdots w_n w'_n$, there exists a set $J \subseteq \{0, \dots, n\}$ of cardinality at most M such that, letting w''_j for $0 \leq j \leq n$ be w'_j if $j \in J$ and the empty word otherwise, letting $v = w''_0 w_1 w''_1 \cdots w_n w''_n$, we have $\mu(u) = \mu(v)$ and $\mu(w'_0 \cdots w'_n) = \mu(w''_0 \cdots w''_n)$.*

In other words, this lemma asserts that it suffices to insert words formed using S' at a constant number of positions in the topological sort of S .

Proof. Fix the alphabet A , the morphism μ , and the group G . By Ramsey's theorem, there exists a constant M such that, for any complete graph Γ whose edges are labeled with triples of elements of G , if Γ has at least M vertices, then it contains a monochromatic triangle,

Progrès actuel

- **10 mois** de travail, discussions, **576 mails** avec Charles
- **28 pages** de notes préliminaires en vrac et **26 pages** de draft
- Encore beaucoup de choses à écrire ou nettoyer...

We now show a second lemma, to control how many times we need to insert elements in a given chain to achieve more group elements.

► **Lemma 26 (Insertion lemma).** *Let G be a finite group and $\mu : A^* \rightarrow G$ be a surjective morphism. There exists a constant $M \in \mathbb{N}$ such that, for any $n \in \mathbb{N}$, for any n -tuple w_1, \dots, w_n of words of A^* and $(n+1)$ -tuple w'_0, \dots, w'_n of words of A^* , letting $u = w'_0 w_1 w'_1 w_2 w'_2 \cdots w_n w'_n$, there exists a set $J \subseteq \{0, \dots, n\}$ of cardinality at most M such that, letting w''_j for $0 \leq j \leq n$ be w'_j if $j \in J$ and the empty word otherwise, letting $v = w''_0 w_1 w''_1 \cdots w_n w''_n$, we have $\mu(u) = \mu(v)$ and $\mu(w'_0 \cdots w'_n) = \mu(w''_0 \cdots w''_n)$.*

In other words, this lemma asserts that it suffices to insert words formed using S' at a constant number of positions in the topological sort of S .

Proof. Fix the alphabet A , the morphism μ , and the group G . By Ramsey's theorem, there exists a constant M such that, for any complete graph Γ whose edges are labeled with triples of elements of G , if Γ has at least M vertices, then it contains a monochromatic triangle,

- Encore beaucoup de **mystères!**
→ Je ne sais pas si $(aaa|b)^*$ est facile ou difficile...

Mais en fait, à quoi ça sert ?

- On est arrivé à cette question par un chemin **très bizarre** (qui passait par beaucoup d'autres questions)

Mais en fait, à quoi ça sert ?

- On est arrivé à cette question par un chemin **très bizarre** (qui passait par beaucoup d'autres questions)
- On trouve juste que la question est **naturelle** (indépendamment de ce à quoi ça pourrait servir)

Mais en fait, à quoi ça sert ?

- On est arrivé à cette question par un chemin **très bizarre** (qui passait par beaucoup d'autres questions)
- On trouve juste que la question est **naturelle** (indépendamment de ce à quoi ça pourrait servir)
- On peut quand même imaginer des **applications...**
 - Planification de **tâches**
 - Vérification de **programmes concurrents**

Table des matières

Appartenance d'un entrelacement de mots à un langage

L'informatique théorique

La recherche

Vie d'un projet de recherche

Emploi du temps

Forces et faiblesses du système

Organisation professionnelle

La recherche, est-ce fait pour moi ?

“Computer science is no more about computers than astronomy is about telescopes.”

— Edsger Dijkstra (peut-être)

- Étudie des concepts **abstraits** liés aux ordinateurs
 - Ou plutôt **motivés** par les ordinateurs
- Généralement pas guidé par une **application** particulière

Est-ce que c'est des maths?

- Même **méthode** : conjecturer, énoncer, prouver des résultats

Est-ce que c'est des maths?

- Même **méthode** : conjecturer, énoncer, prouver des résultats
- Différences sur les sujets :
 - On regarde surtout des objets **finis** ou dénombrables
 - On s'intéresse à **comment calculer**, quel **temps** ça prend
 - On fait des **algorithmes** pour des abstractions d'ordinateur

Est-ce que c'est des maths?

- Même **méthode** : conjecturer, énoncer, prouver des résultats
- Différences sur les sujets :
 - On regarde surtout des objets **finis** ou dénombrables
 - On s'intéresse à **comment calculer**, quel **temps** ça prend
 - On fait des **algorithmes** pour des abstractions d'ordinateur
- Différences dans l'**organisation de la recherche** (cf plus tard)

Est-ce qu'il faut programmer ?

- Généralement pas besoin d'écrire du **code**

Est-ce qu'il faut programmer ?

- Généralement pas besoin d'écrire du **code**
- Ingrédients :
 - **Réflexion** : un papier, un crayon, du café ou du thé
 - **Discussion** : un tableau blanc/noir, ou un ordi (visioconf)
 - **Lecture** : une imprimante ou une tablette
 - **Rédaction et publication** : un ordinateur et Internet

Est-ce qu'il faut programmer ?

- Généralement pas besoin d'écrire du **code**
- Ingrédients :
 - **Réflexion** : un papier, un crayon, du café ou du thé
 - **Discussion** : un tableau blanc/noir, ou un ordi (visioconf)
 - **Lecture** : une imprimante ou une tablette
 - **Rédaction et publication** : un ordinateur et Internet
- On écrit quand même parfois du code pour des **tests empiriques**

Est-ce qu'il faut programmer ?

- Généralement pas besoin d'écrire du **code**
- Ingrédients :
 - **Réflexion** : un papier, un crayon, du café ou du thé
 - **Discussion** : un tableau blanc/noir, ou un ordi (visioconf)
 - **Lecture** : une imprimante ou une tablette
 - **Rédaction et publication** : un ordinateur et Internet
- On écrit quand même parfois du code pour des **tests empiriques**
*Un ensemble fini d'entiers S est **conforme** si pour tous $x \neq y$ de S , on a que $|x - y|$ divise x et y . Y a-t-il des ensembles conformes S arbitrairement grands ?*

Quelle différence avec l'ingénierie logicielle?

- Pas d'**objectif** clair a priori :
 - Pas de boss
 - Pas de clients

Quelle différence avec l'ingénierie logicielle ?

- Pas d'**objectif** clair a priori :
 - Pas de boss
 - Pas de clients
- On cherche une solution **propre** et **élégante**, pas des astuces qui marchent en pratique

Quelle différence avec l'ingénierie logicielle ?

- Pas d'**objectif** clair a priori :
 - Pas de boss
 - Pas de clients
- On cherche une solution **propre** et **élégante**, pas des astuces qui marchent en pratique
- Ce qui compte c'est surtout les **idées**, pas vraiment la **réalisation** en termes de code ou de système

Quelle différence avec l'ingénierie logicielle ?

- Pas d'**objectif** clair a priori :
 - Pas de boss
 - Pas de clients
- On cherche une solution **propre** et **élégante**, pas des astuces qui marchent en pratique
- Ce qui compte c'est surtout les **idées**, pas vraiment la **réalisation** en termes de code ou de système
- Organisation des postes et travail très différents (cf plus tard)

Est-ce que c'est de l'informatique expérimentale ?

- Autre branche de la recherche en informatique, peu visible en France : **l'informatique expérimentale**

Est-ce que c'est de l'informatique expérimentale ?

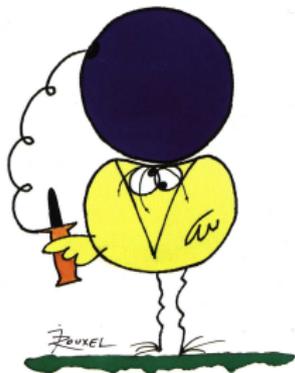
- Autre branche de la recherche en informatique, peu visible en France : l'**informatique expérimentale**
- En informatique **expérimentale**, on valide **expérimentalement** son travail :
 - Gagner des **points de performance** sur un benchmark
 - S'exécuter **plus vite** que les autres approches

Est-ce que c'est de l'informatique expérimentale ?

- Autre branche de la recherche en informatique, peu visible en France : l'**informatique expérimentale**
- En informatique **expérimentale**, on valide **expérimentalement** son travail :
 - Gagner des **points de performance** sur un benchmark
 - S'exécuter **plus vite** que les autres approches
- En informatique **théorique**, la validation est **abstraite** :
 - Résultat **intéressant**
 - Réponse à une question **ouverte**

Pourquoi diable faire ça ?

Les devises Shadok



EN ESSAYANT CONTINUELLEMENT
ON FINIT PAR RÉUSSIR. DONC :
PLUS ÇA RATE, PLUS ON A
DE CHANCES QUE ÇA MARCHE.

- Challenge
- Impression de progrès
- Satisfaction quand on trouve
- Frustration face aux questions sans réponse

Les devises Shadok



JE DIS DES CHOSES
TELLEMENT
INTELLIGENTES
QUE, LE PLUS
SOUVENT, JE
COMPRENDS PAS
CE QUE
JE DIS.

à quel
Laby
Zomeur?

Branches de l'informatique théorique

- Assez difficile à **découper**, beaucoup de recouvrement...
→ **Diaporama**

Branche : Algorithmes et structures de données

Let $h : \mathcal{D} \rightarrow \{0, 1\}^{32}$ hash data from \mathcal{D} to binary 32-bit words.

Let $\rho(s)$ be the position of the leftmost 1-bit of s : e.g., $\rho(1\cdots) = 1$, $\rho(0001\cdots) = 4$, $\rho(0^k) = K + 1$.

define $\alpha_{16} = 0.673$; $\alpha_{32} = 0.697$; $\alpha_{64} = 0.709$; $\alpha_m = 0.7213/(1 + 1.079/m)$ for $m \geq 128$;

Program HYPERLOGLOG (**input** \mathcal{M} : multiset of items from domain \mathcal{D}).

assume $m = 2^b$ with $b \in [4..16]$.

initialize a collection of m registers, $M[1], \dots, M[m]$, to 0;

for $v \in \mathcal{M}$ **do**

set $x := h(v)$;

set $j = 1 + \langle x_1 x_2 \cdots x_b \rangle_2$; {the binary address determined by the first b bits of x }

set $w := x_{b+1} x_{b+2} \cdots$;

set $M[j] := \max(M[j], \rho(w))$;

compute $E := \alpha_m m^2 \cdot \left(\sum_{j=1}^m 2^{-M[j]} \right)^{-1}$; {the "raw" HyperLogLog estimate}

if $E \leq \frac{5}{2}m$ **then**

let V be the number of registers equal to 0;

if $V \neq 0$ **then set** $E^* := m \log(m/V)$ **else set** $E^* := E$; {small range correction}

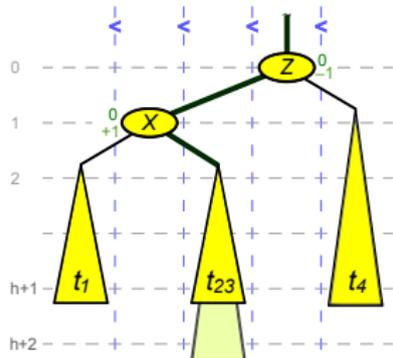
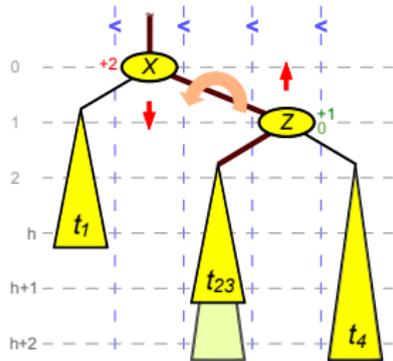
if $E \leq \frac{1}{30} 2^{32}$ **then**

set $E^* := E$; {intermediate range—no correction}

if $E > \frac{1}{30} 2^{32}$ **then**

set $E^* := -2^{32} \log(1 - E/2^{32})$; {large range correction}

return cardinality estimate E^* with typical relative error $\pm 1.04/\sqrt{m}$.



Branche : Logique mathématique

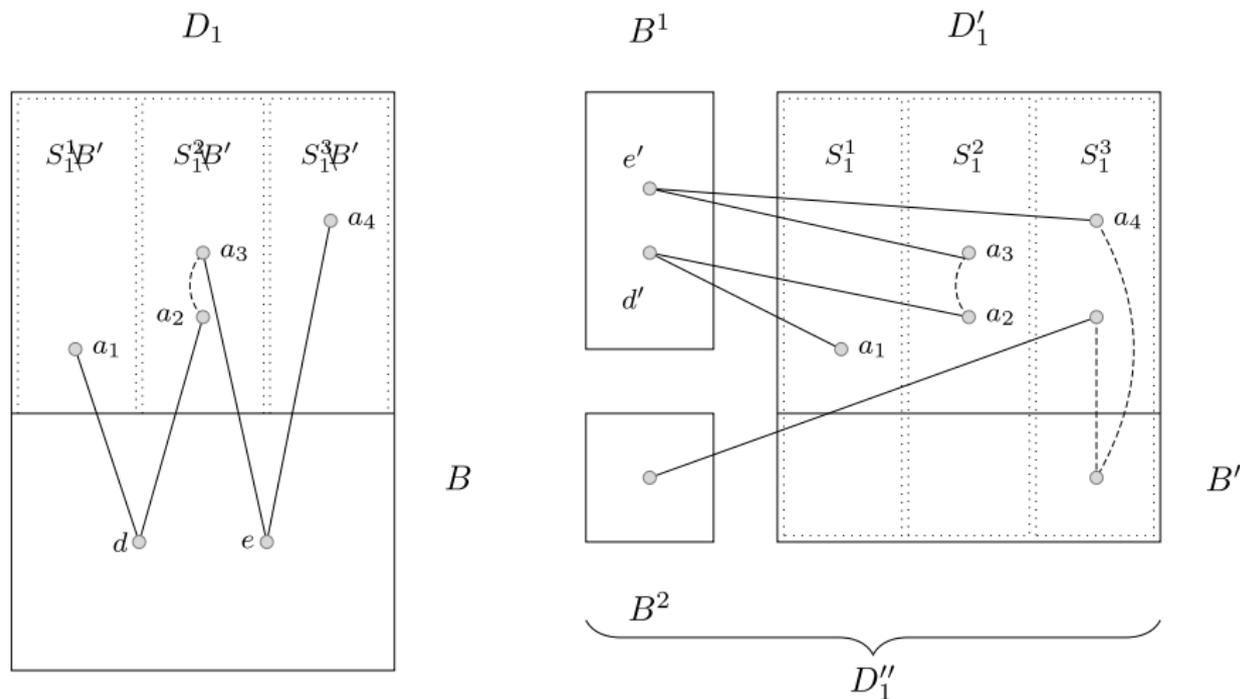
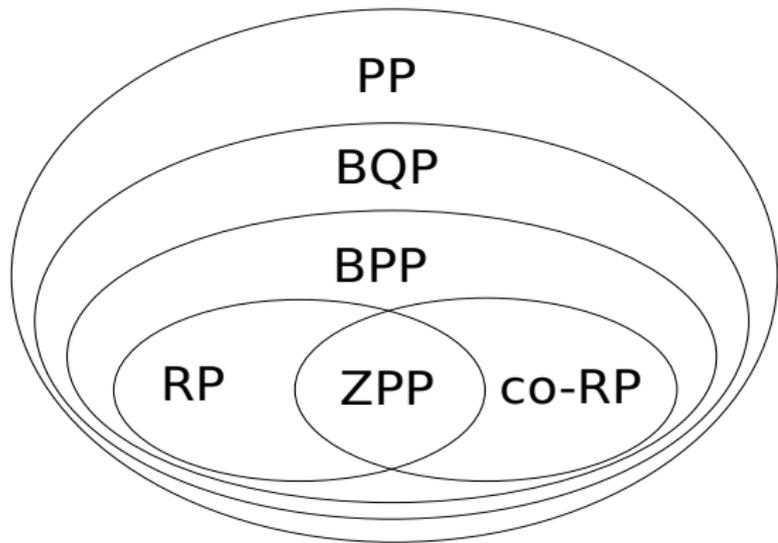
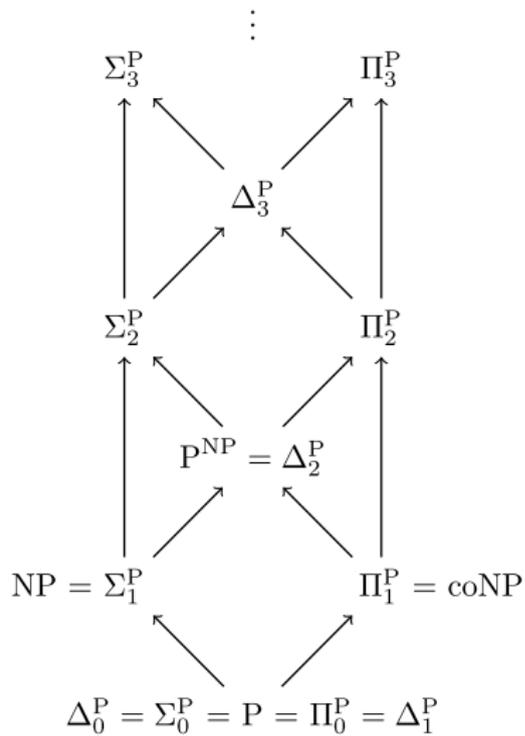


FIG. 3. Making D_1'' r_1 -connected in Case 2, by means of B^1 . Note that $D_1' \setminus B' = D_1 \setminus B$. Solid lines represent direct r_1 -connections, dashed lines represent r_1 -paths. Elements a_1 and a_4 are not necessarily r_1 -connected in \mathfrak{A}' but they become r_1 -connected in \mathfrak{A}'' by a path going through d' and e' .

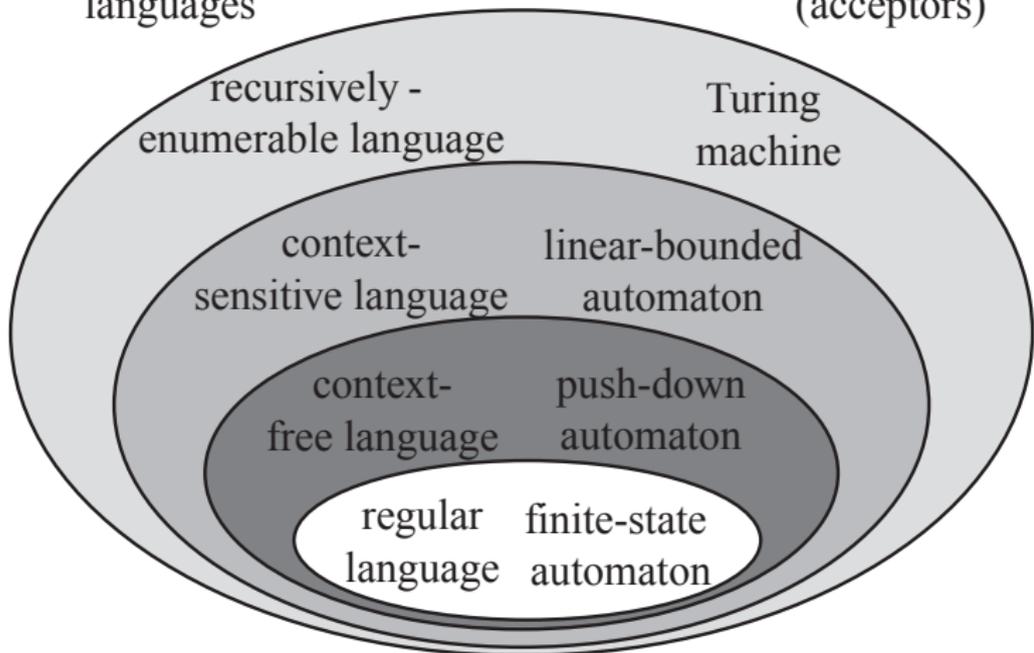
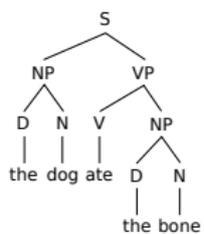
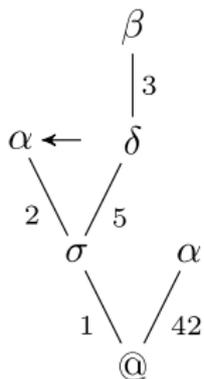
Branche : Théorie de la complexité



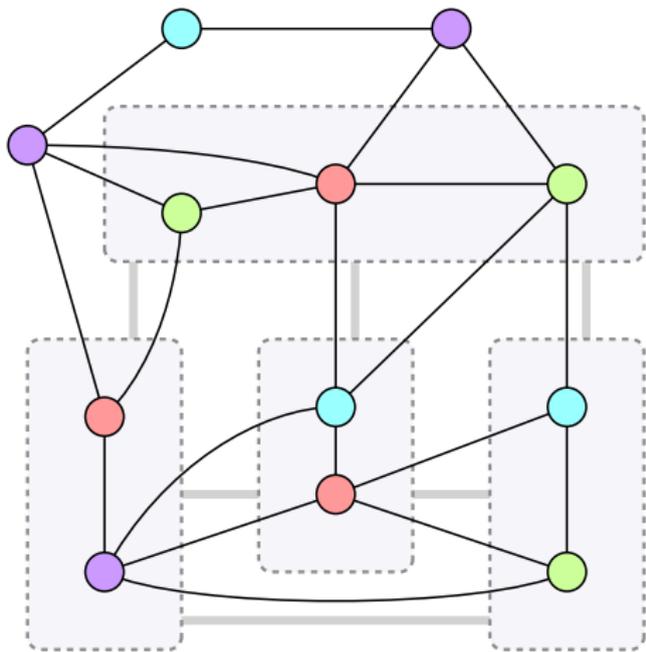
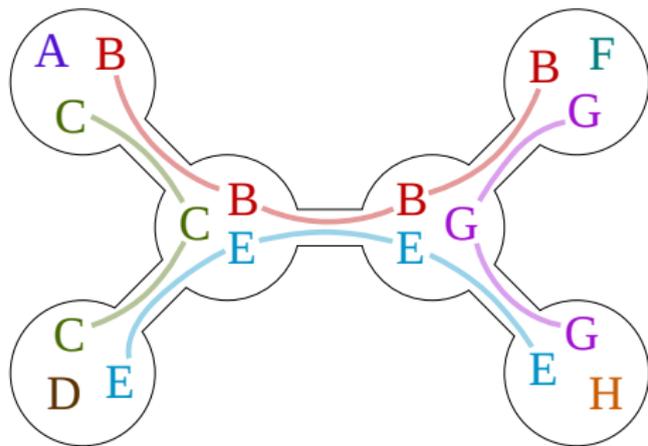
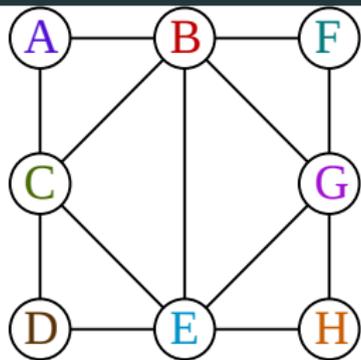
Branche : Langages formels et automates

grammars (generators) and
languages

automata
(acceptors)



Branche : Théorie des graphes



Branche : Analyse statique, théorie des langages de programmation,

concurrency

$$\frac{x : \sigma \in \Gamma}{\Gamma \vdash_D x : \sigma}$$

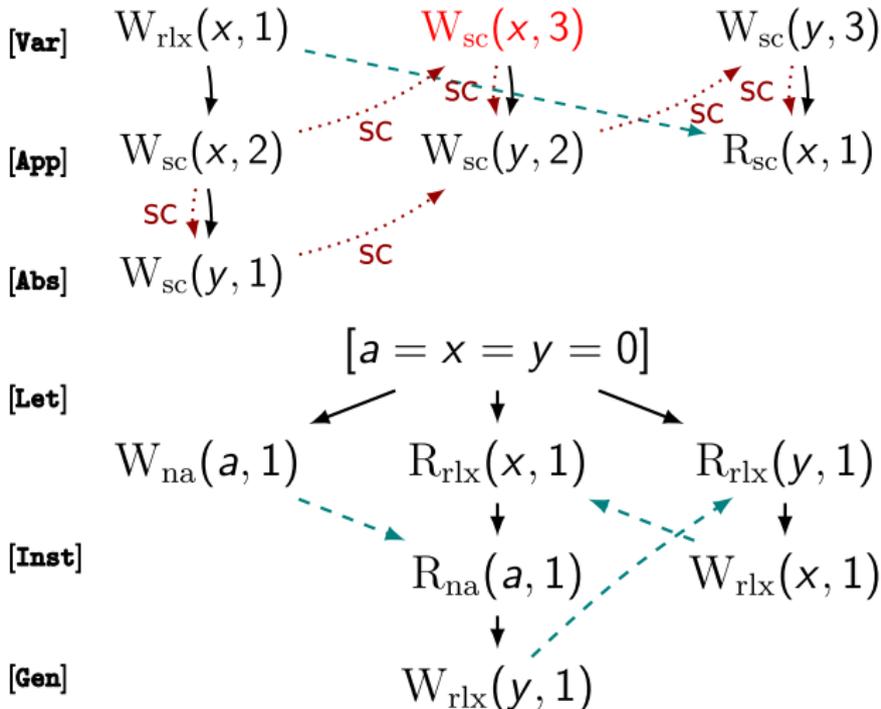
$$\frac{\Gamma \vdash_D e_0 : \tau \rightarrow \tau' \quad \Gamma \vdash_D e_1 : \tau}{\Gamma \vdash_D e_0 e_1 : \tau'}$$

$$\frac{\Gamma, x : \tau \vdash_D e : \tau'}{\Gamma \vdash_D \lambda x. e : \tau \rightarrow \tau'}$$

$$\frac{\Gamma \vdash_D e_0 : \sigma \quad \Gamma, x : \sigma \vdash_D e_1 : \tau}{\Gamma \vdash_D \text{let } x = e_0 \text{ in } e_1 : \tau}$$

$$\frac{\Gamma \vdash_D e : \sigma' \quad \sigma' \sqsubseteq \sigma}{\Gamma \vdash_D e : \sigma}$$

$$\frac{\Gamma \vdash_D e : \sigma \quad \alpha \notin \text{free}(\Gamma)}{\Gamma \vdash_D e : \forall \alpha. \sigma}$$



Autres branches

- Géométrie algorithmique
- Programmation parallèle
- Théorie de l'IA et apprentissage
- Théorie des bases de données
- Théorie de l'information, codage
- Théorie des nombres
- Cryptographie
- Calculabilité
- Biologie computationnelle
- Informatique quantique

Table des matières

Appartenance d'un entrelacement de mots à un langage

L'informatique théorique

La recherche

Vie d'un projet de recherche

Emploi du temps

Forces et faiblesses du système

Organisation professionnelle

La recherche, est-ce fait pour moi ?

Quelle différences avec les cours ?



Loin des sentiers battus, **plein** de problèmes ouverts !

Quelle différences avec les cours ?



Loin des sentiers battus, **plein** de problèmes ouverts !



Quand on résout une question, de **nouvelles questions** poussent

Quelle différences avec les cours ?



Loin des sentiers battus, **plein** de problèmes ouverts !



Quand on résout une question, de **nouvelles questions** poussent



C'est à **nous** de savoir lesquelles sont importantes

Quelle différences avec les cours ?



Loin des sentiers battus, **plein** de problèmes ouverts !



C'est à **nous** de savoir lesquelles sont importantes



Quand on résout une question, de **nouvelles questions** poussent



C'est un effort de **longue haleine**, pas un sprint

Structure de l'exposé

1. Vie d'un **projet de recherche**
2. Emploi du temps du **chercheur**
3. **Forces** et **faiblesses** du système
4. Organisation **professionnelle** (postes)
5. Comment savoir si c'est **fait pour moi** ?

Table des matières

Appartenance d'un entrelacement de mots à un langage

L'informatique théorique

La recherche

Vie d'un projet de recherche

Emploi du temps

Forces et faiblesses du système

Organisation professionnelle

La recherche, est-ce fait pour moi ?

Commencer un projet

- **Projet de recherche = collaborateurs + question**
 - Les **collaborateurs** peuvent évoluer (arrivées, parfois départs)
 - La **question** peut évoluer aussi

Commencer un projet

- **Projet de recherche = collaborateurs + question**
 - Les **collaborateurs** peuvent évoluer (arrivées, parfois départs)
 - La **question** peut évoluer aussi
- Comment est-ce que les collaborateurs se **rencontrent**?
 - **Conférences**
 - **Visites**, y compris stages, doctorats, etc.
 - **Spin-off** d'une autre collaboration

Commencer un projet

- **Projet de recherche = collaborateurs + question**
 - Les **collaborateurs** peuvent évoluer (arrivées, parfois départs)
 - La **question** peut évoluer aussi
- Comment est-ce que les collaborateurs se **rencontrent**?
 - **Conférences**
 - **Visites**, y compris stages, doctorats, etc.
 - **Spin-off** d'une autre collaboration
- Qu'est-ce qu'une bonne **question**?
 - Pas **triviale**, mais pas **hors de portée**
 - Pas **déjà étudiée**
 - **Intéressante** ou **naturelle** ou **déjà posée**



- **Discussions**
 - Idéalement au **tableau**
 - Sinon, par **visioconférence** ou par **courriel**

Travailler sur le projet



- **Discussions**

- Idéalement au **tableau**
- Sinon, par **visioconférence** ou par **courriel**



- **Réflexion**

- Phase souvent solitaire, purement **créative**
- Effort **délibéré** vs inspiration **soudaine**
- Aspect **méthodique** : tenir trace des possibilités

Travailler sur le projet



- **Discussions**

- Idéalement au **tableau**
- Sinon, par **visioconférence** ou par **courriel**



- **Réflexion**

- Phase souvent solitaire, purement **créative**
- Effort **délibéré** vs inspiration **soudaine**
- Aspect **méthodique** : tenir trace des possibilités



- **Documentation**

- **Trouver** les travaux pertinents sur le Web
- Les **lire**, comprendre ce qu'ils apportent

Travailler sur le projet



- **Discussions**

- Idéalement au **tableau**
- Sinon, par **visioconférence** ou par **courriel**



- **Réflexion**

- Phase souvent solitaire, purement **créative**
- Effort **délibéré** vs inspiration **soudaine**
- Aspect **méthodique** : tenir trace des possibilités



- **Documentation**

- **Trouver** les travaux pertinents sur le Web
- Les **lire**, comprendre ce qu'ils apportent



- **Rédaction**

- Dans des **compte-rendus**, mails, ou brouillons
- À un niveau de détail **variable**

Finir un projet

- **Objectif** : publier ses résultats
- **Publication** = résultats + histoire

Finir un projet

- **Objectif** : publier ses résultats
- **Publication** = résultats + histoire



- **Résultats** :
 - Suffisamment **propres**, lisibles, corrects
 - **Intéressants** et non-triviaux
 - Semblent **complets**
 - Pas de trou trop embarrassant

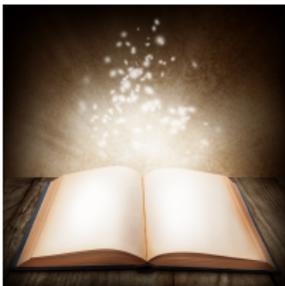
Finir un projet

- **Objectif** : publier ses résultats
- **Publication** = résultats + histoire



- **Résultats** :

- Suffisamment **propres**, lisibles, corrects
- **Intéressants** et non-triviaux
- Semblent **complets**
 - Pas de trou trop embarrassant



- **Histoire** :

- Présente les résultats de façon **naturelle**
- **Linéaire**, intelligible, suspense
- Ne colle **pas** au chemin réellement suivi!

Soumettre une publication

- **Conférence** : événement annuel mondial d'un domaine
 - **Présentation** des nouveaux résultats
 - **Rencontre** de la communauté

Soumettre une publication

- **Conférence** : événement annuel mondial d'un domaine
 - **Présentation** des nouveaux résultats
 - **Rencontre** de la communauté

- Comment **choisir** une conférence :
 - **Thèmes** (parfois plusieurs communautés intéressées)
 - **Prestige** (difficile à quantifier)
 - **Date** (échéance de soumission)
 - **Lieu** :-)

Soumettre une publication

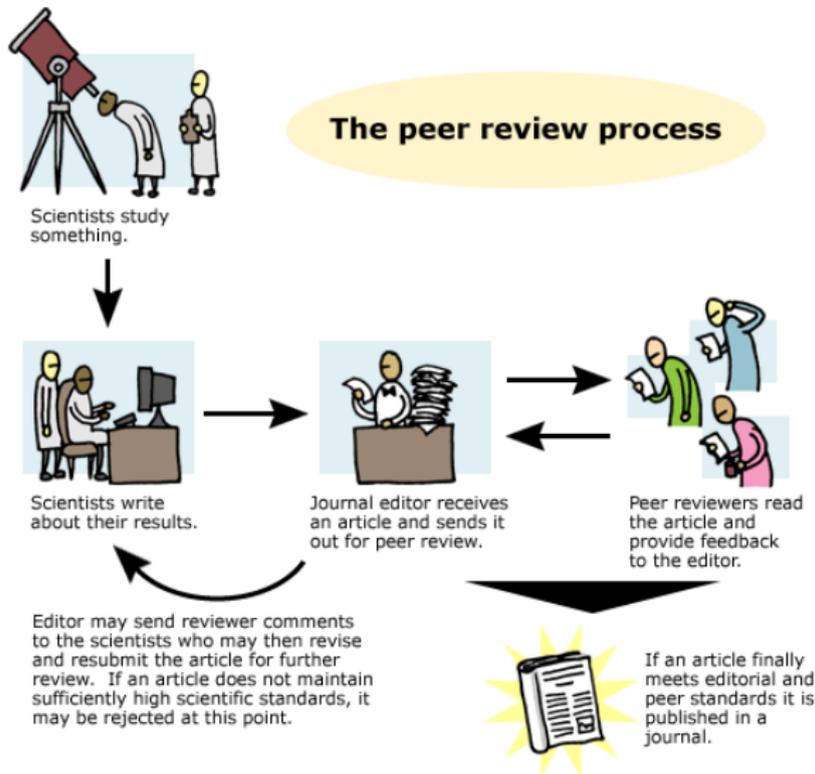
- **Conférence** : événement annuel mondial d'un domaine
 - **Présentation** des nouveaux résultats
 - **Rencontre** de la communauté

- Comment **choisir** une conférence :
 - **Thèmes** (parfois plusieurs communautés intéressées)
 - **Prestige** (difficile à quantifier)
 - **Date** (échéance de soumission)
 - **Lieu** :-)

- Phase de **rédaction finale** :
 - Souvent dans l'**urgence**
 - **Écriture**, **réécriture** et **relecture**



Revue par les pairs



Qu'est-ce qui est évalué par les pairs?



- Est-ce **thématiquement pertinent** ?
- Est-ce **compréhensible** ?
 - Lisible ? Bien écrit ?
- Est-ce **techniquement correct** ?
 - Pas d'**erreur** ?
- Est-ce **effectivement nouveau** ?
 - Pas **déjà connu** ?
- Est-ce **intéressant** ?
 - Suffisamment **difficile** ?
 - Question **naturelle** ?

Que se passe-t-il à la conférence ?



- **Voyage** jusqu'à la conférence
- Il faut avoir un **financement** pour y aller
- **Présenter** son travail
- **Découvrir** les autres travaux du domaine
- **Feedback** et **discussions**

Table des matières

Appartenance d'un entrelacement de mots à un langage

L'informatique théorique

La recherche

Vie d'un projet de recherche

Emploi du temps

Forces et faiblesses du système

Organisation professionnelle

La recherche, est-ce fait pour moi ?

Apprendre de nouvelles choses

- Lire :
 - Des articles par d'autres chercheurs
 - Des livres

Apprendre de nouvelles choses

- Lire :
 - Des articles par d'autres chercheurs
 - Des livres
- Écouter :
 - Des séminaires
 - Des cours

Apprendre de nouvelles choses

- **Lire :**
 - Des articles par d'autres chercheurs
 - Des livres
- **Écouter :**
 - Des séminaires
 - Des cours
- **Flâner :**
 - En suivant les titres d'articles qui sortent
 - Sur les forums, sur Wikipédia

Apprendre de nouvelles choses

- **Lire :**
 - Des articles par d'autres chercheurs
 - Des livres
- **Écouter :**
 - Des séminaires
 - Des cours
- **Flâner :**
 - En suivant les titres d'articles qui sortent
 - Sur les forums, sur Wikipédia
- **Relire :**
 - Les articles de collègues
 - Des soumissions (revue par les pairs)
 - Des demandes de financement

- Discuter :
 - En **personne** ou par **visioconférence**
 - Avec vos **collègues**
 - Avec votre **encadrant**
 - Avec vos **collaborateurs**

Discuter de recherche et réfléchir

- **Discuter :**
 - En **personne** ou par **visioconférence**
 - Avec vos **collègues**
 - Avec votre **encadrant**
 - Avec vos **collaborateurs**
- **Réfléchir** dans son coin

- Écrire :
 - Des **résumés de réunion**
 - Des **questions** à des collègues, à Internet
 - Des **articles de recherche**
 - Aussi : relire et **récrire** ses articles
 - Des **transparents**
 - Des **demandes de financement**
 - Du **code**
 - Des **blogposts**, une **page Web**, etc.

- Présenter :
 - À votre équipe
 - Lors de visites invitées
 - À une conférence
 - À d'autres publics (coucou!)

- Présenter :

- À votre équipe
- Lors de visites invitées
- À une conférence
- À d'autres publics (coucou!)

- Voyager :

- En conférence
- En visite de recherche
- Tâches afférentes : organisation du voyage, administratif, etc.

- **Structurer** les enseignements
- **Préparer** des cours
- **Donner** des cours
- **Corriger** des copies
- **Organiser** le planning

Ambivalent...

- Fort volume de tâches **administratives** à gérer
 - Impression de **dispersion** entre différentes tâches
 - Pourtant, responsabilité d'aller au **fond des choses** et d'être **disponible** pour de nouvelles idées!
- En plus, c'est **entièrement de sa propre faute!** ...

Table des matières

Appartenance d'un entrelacement de mots à un langage

L'informatique théorique

La recherche

Vie d'un projet de recherche

Emploi du temps

Forces et faiblesses du système

Organisation professionnelle

La recherche, est-ce fait pour moi ?

Point fort : liberté académique

- Les (enseignants-)chercheurs qui ont un poste **permanent** ne peuvent généralement pas le **perdre**
- La revue par les pairs est faite par d'**autres chercheurs**
- Très peu ou pas d'**interférence** de la part de la hiérarchie
- Pas de **comptes à rendre!**

Point fort : organisation libre du travail

- Horaires **complètement libres**
- Travailler au labo ou **chez soi**
- Aller voir des **collègues**, etc.
- Volume de travail **libre** aussi



Point fort : passion et qualités

Dans beaucoup de domaines :

- Les chercheurs sont **passionnés**
- Ils trouvent des résultats **intéressants** et **difficiles**
- Ils sont **sérieux** et **rigoureux**
- Ils vont au **bout** des choses
- Ils ont du **recul** sur les approches existantes

Point faible : dangers de la liberté

- Organisation du travail :
 - Parfois des abus
 - Abandon de poste
 - Chercheurs non-publiants



Point faible : dangers de la liberté

- Organisation du travail :
 - Parfois des abus
 - Abandon de poste
 - Chercheurs non-publiants
 - Pas si fréquent



- Organisation du travail :

- Parfois des abus

- Abandon de poste
- Chercheurs non-publiants
- Pas si fréquent

- Plutôt le problème inverse : difficile de ne pas travailler trop!



Point faible : dangers de la liberté

- **Organisation du travail :**

- Parfois des **abus**
 - Abandon de poste
 - Chercheurs non-publiants
 - Pas si **fréquent**
- Plutôt le problème **inverse** : difficile de ne pas travailler **trop**!



- **Thématiques de recherche :**

- Effets de **mode**, recherche **incrémentale**
- **Complaisance**, communautés **fermées sur elles-mêmes**
- Parfois : **hypercompétitivité** d'un domaine

Point faible : précarité, salaires, conditions de travail

- Pas assez de postes



Point faible : précarité, salaires, conditions de travail

- Pas assez de postes
- Postdocs après la thèse : CDD



Point faible : précarité, salaires, conditions de travail

- Pas assez de **postes**
- Postdocs après la thèse : **CDD**
- Peu de **choix** géographique (sur la ville, voire sur le pays)



Point faible : précarité, salaires, conditions de travail

- Pas assez de **postes**
- Postdocs après la thèse : **CDD**
- Peu de **choix** géographique (sur la ville, voire sur le pays)
- Salaires souvent **bas** (surtout par rapport à l'industrie)



- Chercheurs de plus en plus **évalués** par des non-experts



- Chercheurs de plus en plus **évalués** par des non-experts
- L'évaluation est **quantitative** :
 - **Nombre** de publications
 - **Rang** des conférences



- Chercheurs de plus en plus **évalués** par des non-experts
 - L'évaluation est **quantitative** :
 - **Nombre** de publications
 - **Rang** des conférences
- **Pression à publier** (*publish or perish*)



- Chercheurs de plus en plus **évalués** par des non-experts
 - L'évaluation est **quantitative** :
 - **Nombre** de publications
 - **Rang** des conférences
- **Pression à publier** (*publish or perish*)
- Autres tâches **négligées** : enseignement, relecture...



Point faible : manque de financements

- **Financements** pour voyager ou recruter



Point faible : manque de financements

- **Financements** pour voyager ou recruter
- Nécessité de **candidater** à des financements ponctuels



Point faible : manque de financements

- **Financements** pour voyager ou recruter
 - Nécessité de **candidater** à des financements ponctuels
- Donne encore plus de poids aux **évaluations**



Point faible : manque de financements

- **Financements** pour voyager ou recruter
 - Nécessité de **candidater** à des financements ponctuels
- Donne encore plus de poids aux **évaluations**
- Les riches deviennent **plus riches**



Point faible : manque de financements



- **Financements** pour voyager ou recruter
 - Nécessité de **candidater** à des financements ponctuels
- Donne encore plus de poids aux **évaluations**
- Les riches deviennent **plus riches**
- Beaucoup de temps perdu :
- **Rédiger** et soumettre des propositions
 - **Évaluer** des propositions
 - Gestion **administrative** de l'argent

Point faible : pratiques de recherche et de publication

- Recherche :
 - Falsification de résultats
 - Non-reproductibilité
 - Erreurs dans des preuves



Point faible : pratiques de recherche et de publication

- Recherche :

- Falsification de résultats
- Non-reproductibilité
- Erreurs dans des preuves



- Publication :

- Closed access : articles inaccessibles en ligne
→ Vendus par des éditeurs privés
- Conservatisme : PDF sans hyperliens ni données
→ Pas assez d'écriture pour Wikipédia, blogs, etc.

Point faible : excès de tâches administratives

- **Beaucoup** de tâches de gestion :
 - Organiser des conférences
 - Structurer les équipes
 - Planifier les enseignements
 - etc., etc., etc.
- **Lourdeurs administratives**
 - Fonction publique
 - Missions, finances...
- **Peu de pression** pour en décharger les chercheurs



Point faible : communication avec l'industrie et la société



- Les **entreprises** font plus rêver que les labos d'informatique
- Peu de **communication** entre entreprises et laboratoires!
- Peu d'**intérêt** pour la recherche théorique hors de la communauté
- Peu de **reconnaissance sociale**, pas assez d'efforts de **vulgarisation**

Avantages et inconvénients de l'informatique théorique comparée à d'autres domaines de recherche

Avantages :

- Plus de **débouchés dans l'industrie** qu'en maths
- Plus de **financements** qu'en maths
- Besoins en **enseignement** pour les postes
- Domaine **jeune**, plus facile de contribuer
- Entre la **théorie désincarnée** et les **systèmes sales**

Avantages et inconvénients de l'informatique théorique comparée à d'autres domaines de recherche

Avantages :

- Plus de **débouchés dans l'industrie** qu'en maths
- Plus de **financements** qu'en maths
- Besoins en **enseignement** pour les postes
- Domaine **jeune**, plus facile de contribuer
- Entre la **théorie désincarnée** et les **systèmes sales**

Inconvénients :

- Domaine plus **petit** et un peu **obscur**
- Complexe d'infériorité vis-à-vis des **vrais mathématiciens**
- Moins utile que les **vrais systèmes**

Table des matières

Appartenance d'un entrelacement de mots à un langage

L'informatique théorique

La recherche

Vie d'un projet de recherche

Emploi du temps

Forces et faiblesses du système

Organisation professionnelle

La recherche, est-ce fait pour moi ?

1. **Lycée** : baccalauréat
2. **Université** ou **prépa/école d'ingénieur** : master
3. **Doctorat**
4. **Postdocs** (postes temporaires)
5. Poste **permanent**

Types de postes d'(enseignants-)chercheurs en France

Non-permanents :

- **Stagiaires** : master, ou autre
- **Doctorants**
- **Postdoctorants** : généralement pas d'enseignement
- **ATER** : Attaché temporaire d'enseignement et de recherche

Types de postes d'(enseignants-)chercheurs en France

Non-permanents :

- **Stagiaires** : master, ou autre
- **Doctorants**
- **Postdoctorants** : généralement pas d'enseignement
- **ATER** : Attaché temporaire d'enseignement et de recherche

Permanents :

- **Enseignants-chercheurs** : maître de conférence, professeur
- **Chercheurs** : chargé de recherche, directeur de recherche dans des EPST, i.e., CNRS, Inria en informatique
→ Généralement rattachés à une **université** (UMR)
- **Autres statuts bizarres**

Avant le doctorat

- Voies possibles :
 - Université
 - Écoles d'ingénieur
 - Écoles normales supérieures

- Voies possibles :
 - Université
 - Écoles d'ingénieur
 - Écoles normales supérieures

- Faire un **master recherche** : en informatique à Paris, par ex. :
 - MPRI** Master Parisien de Recherche en Informatique
 - MVA** Mathématiques, Vision, Apprentissage
 - LMFI** Logique Mathématique et Fondements de l'Informatique

- Voies possibles :
 - Université
 - Écoles d'ingénieur
 - Écoles normales supérieures

- Faire un **master recherche** : en informatique à Paris, par ex. :
 - MPRI** Master Parisien de Recherche en Informatique
 - MVA** Mathématiques, Vision, Apprentissage
 - LMFI** Logique Mathématique et Fondements de l'Informatique

- Le **stage de M2** permet de tester un domaine, labo, encadrant
→ Il faut trouver un **financement de thèse**

Doctorat : être un chercheur pendant une **durée déterminée** (3⁺ ans)

- Domaine de recherche **défini**, questions plus ou moins définies

Doctorat : être un chercheur pendant une **durée déterminée** (3+ ans)

- Domaine de recherche **défini**, questions plus ou moins définies
- **Encadrant** : guide la recherche et initie au système

Doctorat : être un chercheur pendant une **durée déterminée** (3⁺ ans)

- Domaine de recherche **défini**, questions plus ou moins définies
- **Encadrant** : guide la recherche et initie au système
- **Objectif** : trouver et publier de nouvelles contributions

Doctorat : être un chercheur pendant une **durée déterminée** (3⁺ ans)

- Domaine de recherche **défini**, questions plus ou moins définies
- **Encadrant** : guide la recherche et initie au système
- **Objectif** : trouver et publier de nouvelles contributions
- Moins de **responsabilités** et d'**administratif** qu'ensuite

- **Industrie** : le doctorat ne sert pas qu'à devenir chercheur!

Après le doctorat

- **Industrie** : le doctorat ne sert pas qu'à devenir chercheur!
- Sinon, **postes temporaires**, souvent à l'étranger :

Après le doctorat

- **Industrie** : le doctorat ne sert pas qu'à devenir chercheur!
- Sinon, **postes temporaires**, souvent à l'étranger :
 - **Précarité** et mobilité géographique

Après le doctorat

- **Industrie** : le doctorat ne sert pas qu'à devenir chercheur!
- Sinon, **postes temporaires**, souvent à l'étranger :
 - **Précarité** et mobilité géographique
 - Trouver le **prochain poste**

- **Industrie** : le doctorat ne sert pas qu'à devenir chercheur!
- Sinon, **postes temporaires**, souvent à l'étranger :
 - **Précarité** et mobilité géographique
 - Trouver le **prochain poste**
 - Candidater à des **postes permanents**

- **Industrie** : le doctorat ne sert pas qu'à devenir chercheur!
- Sinon, **postes temporaires**, souvent à l'étranger :
 - **Précarité** et mobilité géographique
 - Trouver le **prochain poste**
 - Candidater à des **postes permanents**
 - Essayer de faire de la **recherche**

- **Industrie** : le doctorat ne sert pas qu'à devenir chercheur!
- Sinon, **postes temporaires**, souvent à l'étranger :
 - **Précarité** et mobilité géographique
 - Trouver le **prochain poste**
 - Candidater à des **postes permanents**
 - Essayer de faire de la **recherche**
- **Statistiques en 2014 et en France** :
 - **7014** thèses soutenues en sciences
 - **482** maîtres de conférences et \approx **180** chargés de recherche recrutés
 - \approx **10%** des doctorants en sciences auront un poste en recherche!

Table des matières

Appartenance d'un entrelacement de mots à un langage

L'informatique théorique

La recherche

Vie d'un projet de recherche

Emploi du temps

Forces et faiblesses du système

Organisation professionnelle

La recherche, est-ce fait pour moi ?

Mauvaises raisons de faire de la recherche

- Je suis **intelligent** ou **fort en classe**

Mauvaises raisons de faire de la recherche

- Je suis **intelligent** ou **fort en classe**
- Je veux un travail où je puisse en **faire peu**

Mauvaises raisons de faire de la recherche

- Je suis **intelligent** ou **fort en classe**
- Je veux un travail où je puisse en **faire peu**
- Je ne veux pas avoir affaire **aux autres**

Mauvaises raisons de faire de la recherche

- Je suis **intelligent** ou **fort en classe**
- Je veux un travail où je puisse en **faire peu**
- Je ne veux pas avoir affaire **aux autres**
- J'aime seulement **apprendre**

Mauvaises raisons de faire de la recherche

- Je suis **intelligent** ou **fort en classe**
- Je veux un travail où je puisse en **faire peu**
- Je ne veux pas avoir affaire **aux autres**
- J'aime seulement **apprendre**
- J'aime seulement **résoudre** des problèmes

Mauvaises raisons de faire de la recherche

- Je suis **intelligent** ou **fort en classe**
- Je veux un travail où je puisse en **faire peu**
- Je ne veux pas avoir affaire **aux autres**
- J'aime seulement **apprendre**
- J'aime seulement **résoudre** des problèmes
- Je veux me consacrer **à fond** sur un seul projet

De meilleurs critères à considérer

- Vous ne voulez pas de **chef**

De meilleurs critères à considérer

- Vous ne voulez pas de **chef**
- Vous savez vous motiver **tout seul**

De meilleurs critères à considérer

- Vous ne voulez pas de **chef**
- Vous savez vous motiver **tout seul**
- Vous voulez travailler pour l'**intérêt général**

De meilleurs critères à considérer

- Vous ne voulez pas de **chef**
- Vous savez vous motiver **tout seul**
- Vous voulez travailler pour l'**intérêt général**
- Vous arrivez à vous motiver pour des **questions abstraites...**

De meilleurs critères à considérer

- Vous ne voulez pas de **chef**
- Vous savez vous motiver **tout seul**
- Vous voulez travailler pour l'**intérêt général**
- Vous arrivez à vous motiver pour des **questions abstraites...**
 - Qui ne servent à **rien**

De meilleurs critères à considérer

- Vous ne voulez pas de **chef**
- Vous savez vous motiver **tout seul**
- Vous voulez travailler pour l'**intérêt général**
- Vous arrivez à vous motiver pour des **questions abstraites...**
 - Qui ne servent à **rien**
 - Qui n'intéressent **personne**

De meilleurs critères à considérer

- Vous ne voulez pas de **chef**
- Vous savez vous motiver **tout seul**
- Vous voulez travailler pour l'**intérêt général**
- Vous arrivez à vous motiver pour des **questions abstraites...**
 - Qui ne servent à **rien**
 - Qui n'intéressent **personne**
 - Qui n'existent que dans votre **imagination**

De meilleurs critères à considérer

- Vous ne voulez pas de **chef**
- Vous savez vous motiver **tout seul**
- Vous voulez travailler pour l'**intérêt général**
- Vous arrivez à vous motiver pour des **questions abstraites...**
 - Qui ne servent à **rien**
 - Qui n'intéressent **personne**
 - Qui n'existent que dans votre **imagination**
- Vous aimez **réfléchir** à des problèmes et **écrire** la solution

De meilleurs critères à considérer

- Vous ne voulez pas de **chef**
- Vous savez vous motiver **tout seul**
- Vous voulez travailler pour l'**intérêt général**
- Vous arrivez à vous motiver pour des **questions abstraites...**
 - Qui ne servent à **rien**
 - Qui n'intéressent **personne**
 - Qui n'existent que dans votre **imagination**
- Vous aimez **réfléchir** à des problèmes et **écrire** la solution
- Vous êtes flexible en termes de **conditions de travail**

Qu'est-ce qui, au lycée ou en prépa, est utile plus tard ?

Qu'est-ce qui, au lycée ou en prépa, est utile plus tard ?

- Arriver **ailleurs** : dans la bonne fac, prépa, école...

Qu'est-ce qui, au lycée ou en prépa, est utile plus tard ?

- Arriver **ailleurs** : dans la bonne fac, prépa, école...
- Savoir-faire **informatique** autodidactes :
 - **Linux** (e.g., Debian), **éditeur de texte** (vim, emacs), **terminal**, **système de versionnement** (git), traitement de texte \LaTeX
 - Savoir **chercher** sur le Web
 - Savoir **programmer** (Python, C++, Java , Bash)
 - Savoir **taper à l'aveugle**

Qu'est-ce qui, au lycée ou en prépa, est utile plus tard ?

- Arriver **ailleurs** : dans la bonne fac, prépa, école...
- Savoir-faire **informatique** autodidactes :
 - **Linux** (e.g., Debian), **éditeur de texte** (vim, emacs), **terminal**, **système de versionnement** (git), traitement de texte \LaTeX
 - Savoir **chercher** sur le Web
 - Savoir **programmer** (Python, C++, Java , Bash)
 - Savoir **taper à l'aveugle**
- Pratiquer **l'écriture** : sur un **blog**, pour **soi-même**

Qu'est-ce qui, au lycée ou en prépa, est utile plus tard ?

- Arriver **ailleurs** : dans la bonne fac, prépa, école...
- Savoir-faire **informatique** autodidactes :
 - **Linux** (e.g., Debian), **éditeur de texte** (vim, emacs), **terminal**, **système de versionnement** (git), traitement de texte \LaTeX
 - Savoir **chercher** sur le Web
 - Savoir **programmer** (Python, C++, Java , Bash)
 - Savoir **taper à l'aveugle**
- Pratiquer l'**écriture** : sur un **blog**, pour **soi-même**
- Maîtriser l'**anglais**

Qu'est-ce qui, au lycée ou en prépa, est utile plus tard ?

- Arriver **ailleurs** : dans la bonne fac, prépa, école...
- Savoir-faire **informatique** autodidactes :
 - **Linux** (e.g., Debian), **éditeur de texte** (vim, emacs), **terminal**, **système de versionnement** (git), traitement de texte \LaTeX
 - Savoir **chercher** sur le Web
 - Savoir **programmer** (Python, C++, Java , Bash)
 - Savoir **taper à l'aveugle**
- Pratiquer l'**écriture** : sur un **blog**, pour **soi-même**
- Maîtriser l'**anglais**
- Compétences **sociales** et **relationnelles**, et **amis**

Qu'est-ce qui, au lycée ou en prépa, est utile plus tard ?

- Arriver **ailleurs** : dans la bonne fac, prépa, école...
 - Savoir-faire **informatique** autodidactes :
 - **Linux** (e.g., Debian), **éditeur de texte** (vim, emacs), **terminal**, **système de versionnement** (git), traitement de texte \LaTeX
 - Savoir **chercher** sur le Web
 - Savoir **programmer** (Python, C++, Java , Bash)
 - Savoir **taper à l'aveugle**
 - Pratiquer l'**écriture** : sur un **blog**, pour **soi-même**
 - Maîtriser l'**anglais**
 - Compétences **sociales** et **relationnelles**, et **amis**
- Avoir **procrastiné utilement** !

Conclusion : quelques liens utiles

Wikipedia fr.wikipedia.org, en.wikipedia.org

→ À lire et à **éditer**!

HackerNews news.ycombinator.com

→ Actualité **geek** et startups

StackExchange <https://stackoverflow.com/>

→ Posez vos **questions**! (StackOverflow, etc.)

LibGen <http://gen.lib.rus.ec/>

→ Obtenir des **livres**

SciHub <https://sci-hub.cc/>

→ Contourner le **péage** des papiers de recherche

Cormen, Leiserson, Rivest, Stein *Introduction to Algorithms*

→ L'introduction de référence sur l'**algorithmique**

Conclusion : liens pour des problèmes possibles

Procrastination Vous aurez sans doute ce problème, cf par exemple

- <http://waitbutwhy.com/2013/10/why-procrastinators-procrastinate.html>
- www.structuredprocrastination.com
(passer par archive.org/web)

Impostor syndrome Idem, ça existe, vous n'êtes pas le seul

- en.wikipedia.org/wiki/Impostor_syndrome

Skills sociaux Cf par exemple succeedsocially.com

Paul Graham Essais intéressants (mais discutables), notamment :

- *What You'll Wish You'd Known*, sur ce qu'il faudrait avoir su au lycée : <http://paulgraham.com/hs.html>
- *How to Do What you Love* :
<http://paulgraham.com/love.html>

Conclusion : liens divertissants

XKCD xkcd.org

HPMOR *Harry Potter and the Methods of Rationality* : hpmor.com

PHD Comics phdcomics.com

→ Un webcomic sur le doctorat (Américain, pessimiste)

H2G2 *The Hitchhiker's Guide to the Galaxy*

→ 42!

The Game Nous avons encore tous perdu!

→ [en.wikipedia.org/wiki/The_Game_\(mind_game\)](http://en.wikipedia.org/wiki/The_Game_(mind_game))

Conclusion : mise en garde

NEVER STOP BUYING LOTTERY TICKETS,
NO MATTER WHAT ANYONE TELLS YOU.

I FAILED AGAIN AND AGAIN, BUT I NEVER
GAVE UP. I TOOK EXTRA JOBS AND
POURED THE MONEY INTO TICKETS.

AND HERE I AM, PROOF THAT IF YOU
PUT IN THE TIME, IT PAYS OFF!



EVERY INSPIRATIONAL SPEECH BY SOMEONE
SUCCESSFUL SHOULD HAVE TO START WITH
A DISCLAIMER ABOUT SURVIVORSHIP BIAS.

Conclusion : mise en garde



EVERY INSPIRATIONAL SPEECH BY SOMEONE
SUCCESSFUL SHOULD HAVE TO START WITH
A DISCLAIMER ABOUT SURVIVORSHIP BIAS.

Merci pour votre attention!

Sources I

- Transparent 3 :
 - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Statue_of_Jean-Baptiste_K1%C3%A9ber_on_Place_K1%C3%A9ber_in_Strasbourg.jpg (recadrée), CC-BY 2.0, Edwin Lee
 - <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:14-02-02-straszburg-RalfR-113.jpg> (recadrée), CC-BY 3.0, Ralf Roletschek
 - Logos ENS et Télécom ParisTech
 - <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Prologin.svg?uselang=fr>, CC-BY-SA 3.0, Unicorn777, Association Prologin
- Transparent 4 :
 - Logo ACM ICPC, droit de citation
 - http://swerc.up.pt/2014/reports/large/DSC_0419.JPG (recadrée), droit de citation
- Transparent 18 :
 - <http://pierre.senellart.com/publications/amarilli2017possible.pdf>
- Transparent 29 :
 - <http://leocat.free.fr/shadok/generalites/images/shadok17.jpg>, droit de citation
 - <https://s-media-cache-ak0.pinning.com/originals/33/1c/cf/331ccfa87f2e9435d62523ea76b682a4.jpg>, droit de citation
- Transparent 31 :
 - https://en.wikipedia.org/wiki/File:AVL-simple-left_K.svg, Nomen4Omen, CC-BY-SA 4.0
 - Philippe Flajolet, Éric Fusy, Olivier Gandouet, Frédéric Meunier, *HyperLogLog: the analysis of a near-optimal cardinality estimation algorithm*, AofA 2007, Fig 3, p14
- Transparent 32 :

Sources II

- Emanuel Kieroński, Jakub Michaliszyn, Ian Pratt-Hartmann, Lidia Tendera. *Two-Variable First-Order Logic with Equivalence Closure*, SIAM J. Comput., 2014, Fig 3, p12
- Transparent 33 :
 - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Randomized_Complexity_Classes.svg, MarioS, CC-BY-SA 3.0
 - https://en.wikipedia.org/wiki/File:Polynomial_time_hierarchy.svg, Bender2k14 CC-BY-SA 3.0
- Transparent 34 :
 - <http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/367/1598/1933>, droit de citation
 - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tree_stack.svg, Tdenk, CC-BY-SA 4.0
 - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Basic_english_syntax_tree.svg, Cadr, Beao, domaine public
- Transparent 35 :
 - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hadwiger_conjecture.svg, David Eppstein, domaine public
 - https://en.wikipedia.org/wiki/File:Tree_decomposition.svg, David Eppstein, domain public
- Transparent 36 :
 - https://en.wikipedia.org/wiki/Hindley%E2%80%93Milner_type_system, CC-BY-SA 3.0
 - <http://www.mpi-sws.org/~viktorslides/2014-07-ec2.pdf>, droit de citation
- Transparent 39 :
 - <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Longleat-maze.jpg>, Niki Odolphie, CC-BY 2.0
 - <http://purpleground02.deviantart.com/art/Hercules-1997-Hydra-Fight-361486051>, Purpleground, droit de citation
 - <http://images.ttcn.co/i/product/2000/0/156354-a22a8985b2684cb89276c59542dcb7ce.jpeg>, droit de citation
 - <https://www.active.com/Assets/Running/620/How+to+Boost+Endurance+in+7+Steps+620.jpg>, droit de citation
- Transparent 43 :
 - <https://openclipart.org/download/203680/gentlemen-talking.svg>, domaine public
 - <https://openclipart.org/download/27192/j4p4n-Thinking-Woman-7.svg>, domaine public

Sources III

- <https://openclipart.org/download/176003/1df7e1d9.svg>, domaine public
- <https://openclipart.org/download/270441/reader.svg>, domaine public
- Transparent 44 :
 - <http://www.theemotionmachine.com/wp-content/uploads/Screen-Shot-2014-09-09-at-9.51.06-AM.png>, droit de citation
 - <http://www.alemerick.com/content/uploads/2015/11/Magical-Story-Image.jpg>, droit de citation
- Transparent 45 :
 - <https://steemit.com/wander/@tris/why-panic-is-now-slowly-but-gradually-subsiding>, droit de citation
- Transparent 46 :
 - <http://undsci.berkeley.edu/images/us101/peerreview.gif>, droit de citation
- Transparent 47 :
 - http://disneys101dalmatians.weebly.com/uploads/1/4/7/1/14716780/5996653_orig.jpg?0 (recadré), droit de citation
- Transparent 48 :
 - <https://hermentorcenter.com/2015/07/23/getting-away/countries-and-flags/> (recadré), droit de citation
- Transparent 58 :
 - <https://s-media-cache-ak0.pinning.com/736x/1e/d1/7f/1ed17f1f27f6a4333f980f2064273d85.jpg> (recadré), droit de citation
- Transparent 60 :
 - http://images.telarama.fr/medias/2015/09/media_130846/de-l-importance-de-la-paresse,M255978.jpg et <http://www.gastonlagaffe.com/images/visu-tit-gaston-actu.png>, *Gaston Lagaffe* (Franquin), droit de citation
- Transparent 61 :

Sources IV

- https://2.bp.blogspot.com/-JaQtXT_EY2A/VaX0-TtkcFI/AAAAAAAAAIMY/_kfrLZc0A1I/s1600/hires-e1403304546207.jpg, droit de citation
- Transparent 62 :
 - <https://nebula.wsimg.com/e02c897330b148b91822bfd5b871c061?AccessKeyId=5855CF654822C739E8B5&disposition=0&alloworigin=1>, droit de citation
- Transparent 63 :
 - <https://www.flickr.com/photos/53801255@N07/7995656412> nist6dh, CC-BY-SA
- Transparent 64 :
 - <http://technophilicmag.com/2014/07/02/scientific-misconduct/>, droit de citation
 - <https://cdn1.iconfinder.com/data/icons/aami-web-internet/64/aami7-13-512.png>, droit de citation
- Transparent 65 :
 - <http://www.collectorbd.com/Couvertures/1022/1277/Toiles-posters-Affiche-non-aux-cadences-infernales-collector-bd.jpg>, *Gaston Lagaffe* (Franquin), droit de citation
- Transparent 66 :
 - <https://madosedescience.files.wordpress.com/2015/01/charliehebdo.jpg>, Charb, droit de citation
- Transparent 73 :
 - Thèses soutenues : Repères et références statistiques 2016, Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, p253
 - Recrutements : L'état de l'emploi scientifique en France 2016, Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, p84 et p101; chiffre sur les EPST calculé à partir de 366 en estimant à 0.6 la proportion de CR dans le chiffre global d'après le tableau p96
- Transparent 81 :
 - <https://xkcd.com/1827/>, CC-BY-NC