Université Savoie Mont Blanc,
UFR SceM
INFO601_CMI, L3 INFO

November 27, 2025

TD 1, Notations $\mathcal{O}$,Θ, et Ω et analyse en pire cas

$f(n) = \mathcal{O}(g(n))$	$f(n) = \Omega(g(n))$	$f(n) = \Theta(g(n))$
"f est dominé par g"	"f domine g"	"f est similaire à g"
Pour $n \geq n_0$, $f(n) \leq \alpha g(n)$	Pour $n \geq n_0$, $f(n) \geq \beta g(n)$	Pour $n \geq n_0$, $\beta g(n) \leq f(n) \leq \alpha g(n)$

(1) Transitivité de $\mathcal{O}$ $f(n) = \mathcal{O}(g(n))$, et $g(n) = \mathcal{O}(h(n))$, implique $f(n) = \mathcal{O}(h(n))$
Vrai pour Ω et Θ

(2) Règle des sommes $f(n) + g(n) = \mathcal{O}(\max(f(n), g(n))$ et $f(n) + g(n) = \Omega(\min(f(n), g(n))$

(3) Règle des produits $f(n)\mathcal{O}(g(n)) = \mathcal{O}(f(n)g(n))$, vrai pour Θ et Ω aussi.

(4) Polynômes $n^a = \mathcal{O}(n^b)$ lorsque $0 \leq a \leq b$.

(5) Polynômes $a_0 + a_1 n + a_2 n^2 + \cdots + a_k n^k = \Theta(n^k)$ lorsque $a_k > 0$ (seul le monôme de plus grand degré compte dans la complexité).

(6) Logarithmes $\log n = \Omega(1)$ et $\log n = \mathcal{O}(n^\epsilon)$, pour tout $\epsilon > 0$ (log est dominé par les polynômes non constants)

(7) Exponentielles $a^n = \mathcal{O}(b^n)$, pour $0 < a \leq b$

(8) Exponentielles $e^n = \Omega(n^k)$ pour n'importe quel $k > 0$ (exp domine les polynômes).

Exercice 1. Notations O et Ω

Indiquez si les relations suivantes sont justes ou fausses. Pour chaque question n est un nombre que l'on fait tendre vers l'infini. Précisez quelle(s) relation(s) vous avez utilisé(es).

1. $4n^2 + 2n \log n = O(n^2)$
2. $2^n = O(n^2)$
3. $n + 3n \log n = O(n \log n)$
4. $\sqrt{n} \log n = O(n^{\frac{2}{3}})$
5. $\log n = O(\sqrt{n})$.
6. $2^n = \Omega(n^3)$
7. $n^2 - 2n^3 + \frac{1}{4}n^4 = \Omega(n^4)$
8. $\frac{3n}{\log n} = \Omega(n)$.

Exercice 2. Notations O, Ω, Θ

Complétez le tableau ci-dessous en indiquant si f est un grand O, un grand Ω ou un grand Θ de la fonction g (pour n tendant vers l'infini).

		g			
		$n^3 + 2n^2 \log n$	$3n^2 + 4$	$n \log n + 12n$	$n\sqrt{n} + n \log n$
f	$27 \log n + 10$				
	$4n^2 + n$				
	$(n + 5) \log n$				
	$(3/2)^n$				

Exercice 3. Utilisation des dérivées pour montrer des relations asymptotiques

Soit f et g deux fonctions à valeurs positives, avec $g(x)$ qui tend vers l'infini lorsque x tend vers l'infini. Montrez que si $f'(n) = \mathcal{O}(g'(n))$, alors $f(n) = \mathcal{O}(g(n))$.

Exercice 4. Domination d'exponentielle sur n'importe quel polynôme

Montrez que $n^k = O(e^n)$ pour tout k entier. On utilisera l'exercice précédent (exo 2).

Exercice 5. Complexité de argument minimum

Quelle est la complexité du code ci-dessous en fonction des paramètres ? Plus généralement, quelle est sa complexité en pire cas si le tableau T contient n entiers au maximum ?

```
/* ArgMin ou argument minimum : indice de l'élément dont la valeur est plus petite que les
   valeurs de tous les autres. */
Fonction ArgMin(E T : TabEntier, E i, j : entier) : entier ;
Var : k,m : entier ;
début
  | m ←i ;
  | Pour k de i+1 à j Faire
  |   si T[k] < T[m] alors m ←k;
  | Retourner m;
```

Exercice 6. Complexité de tri insertion

Quelle est la complexité du tri insertion donné ci-dessous en fonction des paramètres ?

```
Action TriInsertion(ES T : TabEntier, E n : entier);
Var : i,j : entier ;
début
  | Pour i de 1 à n−1 Faire
  |   | /* les éléments de 0 à i-1 sont triés. */;
  |   | j ←i−1 ;
  |   | Tant Que j >= 0 et T[j+1] < T[j] Faire
  |   |   | début
  |   |   |   | Echange(T[j], T[j+1]);
  |   |   |   | j ←j−1;
```

Exercice 7. Complexité du calcul des coefficients binomiaux par tableau

Quelle est la complexité de l'algorithme de calcul du coefficient binomial C_n^k avec un tableau comme dans l'algorithme ci-dessous ? Optimisez-le afin que sa complexité soit seulement de $\Theta(kn)$. Enfin, on sait par ailleurs que $C_n^k = \frac{n!}{(n-k)!k!}$. Est-ce que le calcul avec la factorielle serait plus rapide ?

```
Action Binomial(E n, k : entier );
Var : i,j : entier;    T : Tableau[0 ... n] d'entiers
début
  | T[0] ← 1 ;
  | Pour j de 1 à n Faire
  |   T[j] ← 0
  | Pour i de 1 à n Faire
  |   | Pour j de n à 1 par pas de −1 Faire
  |   |   T[i] ← T[i−1] + T[i]
  | Retourner T[k];
```

Exercice 8. Limites et notations O, Ω, Θ

Montrez que si $\lim_{n\to+\infty} \frac{f(n)}{g(n)} = \alpha$, alors $f(n) = O(g(n)$. Est-ce que l'inverse est vrai ?