

IFT436 – Algorithmes et structures de données
Université de Sherbrooke

Devoir 4

Enseignant:	Michael Blondin
Date de remise:	jeudi 14 novembre 2019 à 10h30
À réaliser:	en équipe de deux ou individuellement
Modalités:	à remettre en classe, en copie imprimée ou copie manuscrite lisible
Bonus:	les questions bonus sont indiquées par ★
Pointage:	max. 50 points + 3 points bonus

Question 1.

(a) Soit \mathcal{P}_n l'ensemble des pavages, d'une grille $4 \times n$, constitués de tuiles de cette forme (sans rotations):



- (i) Donnez une récurrence linéaire t telle que $t(n) = |\mathcal{P}_n|$ pour tout $n \in \mathbb{N}_{\geq 1}$. Expliquez brièvement comment vous avez obtenu votre récurrence. 4 pts
- (ii) Appliquez la méthode de résolution de récurrence linéaire présentée en classe afin d'obtenir une forme close pour t . Laissez une trace de votre démarche. 5 pts
- (iii) Donnez la complexité asymptotique de t aussi précisément que possible avec la notation Θ . Justifiez. 3 pts

(b) Au tout premier cours de la session, nous avons brièvement vu cet algorithme:

Entrées : séquence s de $n \in \mathbb{N}_{\geq 1}$ entiers

Sorties : $\max\{s[i] : 1 \leq i \leq n\}$

max-rec(s) :

```

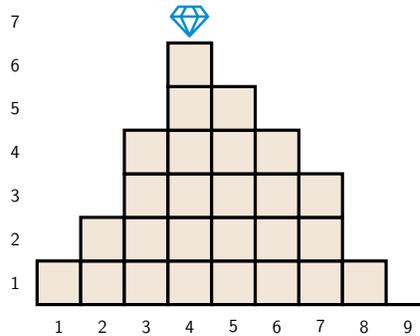
si  $n = 1$  alors
  retourner  $s[1]$ 
sinon
   $m \leftarrow \text{max-rec}(s[1 : n \div 2])$ 
   $m' \leftarrow \text{max-rec}(s[n \div 2 + 1 : n])$ 
  si  $m > m'$  alors retourner  $m$ 
  sinon      retourner  $m'$ 

```

- (i) Donnez une récurrence qui décrit le temps d'exécution *exact* de **max-rec** par rapport à $n = |s|$. 4 pts
Considérez ces opérations comme élémentaires:
- comparaison;
 - affectation;
 - addition;
 - accès au $i^{\text{ème}}$ élément d'une séquence;
 - division;
 - obtention d'une sous-séquence $s[i : j]$ (« *slicing* »).
- (ii) L'algorithme **max-rec** est-il plus rapide (asymptotiquement) qu'un algorithme itératif usuel pour le calcul du maximum d'une séquence? Justifiez brièvement. Si cela vous aide, vous pouvez supposer que n est une puissance de deux. 4 pts

Question 2.

- (a) Imaginons un jeu où un diamant se trouve au sommet d'une colline de blocs. Vous devez atteindre le diamant avec un projectile afin de gagner. Vous avez accès à une description de la colline sous forme d'une séquence c où $c[i] \in \mathbb{N}$ indique le nombre de blocs de la $i^{\text{ème}}$ colonne de la colline. Par exemple, $c = [1, 2, 4, 6, 5, 4, 3, 1, 0]$ décrit cette colline: 10 pts



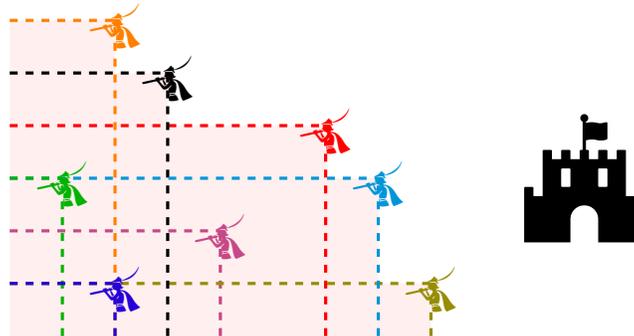
Formellement, une séquence c de $n \in \mathbb{N}_{\geq 3}$ nombres naturels forme une *colline* s'il existe $i \in [n]$ tel que

$$c[1] < c[2] < \dots < c[i-1] < c[i] > c[i+1] > \dots > c[n-1] > c[n].$$

Cet indice i indique la colonne du sommet de c . Le diamant se trouve sur le bloc au sommet de la colline, par ex. à la position $(4, 7)$ pour la colline ci-dessus. Vous n'avez qu'un seul projectile et très peu de temps pour le lancer. Donnez donc un algorithme qui résout ce problème en temps $\mathcal{O}(\log n)$:

ENTRÉE: séquence c décrivant une colline de $n \in \mathbb{N}_{\geq 3}$ colonnes
 SORTIE: position (i, j) du diamant de la colline c

- (b) Imaginons un jeu où des gardes munis de sarbacanes défendent un château. Chaque garde se situe à une *position* $(x, y) \in \mathbb{N}^2$ et surveille la région $\{(a, b) \in \mathbb{N}^2 : a \leq x \wedge b \leq y\}$. Par exemple, huit gardes aux positions $[(6, 4), (4, 2), (8, 1), (2, 6), (3, 5), (7, 3), (1, 3), (2, 1)]$ surveillent collectivement cette région globale: 10 pts



Vous désirez améliorer votre château, mais vous n'avez aucune pièce d'or. Vous désirez donc retirer autant de gardes que possible afin d'obtenir des pièces en échange, et ce *sans changer la région globale* surveillée par les gardes. Par exemple, on peut retirer trois gardes au maximum dans le scénario ci-dessus. Donnez donc un algorithme qui résout ce problème en temps $\mathcal{O}(n \log n)$:

ENTRÉE: séquence p des positions des $n \in \mathbb{N}_{\geq 1}$ gardes
 SORTIE: plus grand nombre de gardes qu'on peut retirer de p sans changer la région globale surveillée collectivement

Indice: divisez le royaume pour régner!

Question 3.

Donnez un algorithme qui résout le problème suivant en temps $\Theta(n^{\log_3 6})$:

10 pts

ENTRÉE: $x \in \mathbb{N}$ représenté avec n chiffres en base 10

SORTIE: x^2

Nous faisons ces hypothèses (comme en classe):

- L'addition et la soustraction de deux nombres d'au plus k chiffres s'effectue en temps $\mathcal{O}(k)$;
- Le décalage et la troncation de k chiffres d'un nombre s'effectue en temps $\mathcal{O}(k)$.

Indice: inspirez-vous de l'algorithme de multiplication rapide vu en classe mais en divisant en trois parties.

★ Donnez un algorithme plus efficace pour le cas spécifique d'un nombre x composé d'un seul chiffre répété, ★ 3 pts
par ex. $x = 333333333$. Plus précisément, donnez un algorithme qui résout ce problème en temps $\mathcal{O}(n)$:

ENTRÉE: $x \in \mathbb{N}$ composé d'un seul chiffre en base 10 répété n fois

SORTIE: x^2

Expliquez brièvement le fonctionnement de votre algorithme et pourquoi il s'exécute en temps $\mathcal{O}(n)$.