BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

BAC BLANC 2025

NUMÉRIQUE ET SCIENCES INFORMATIQUES

Durée de l'épreuve : **3 heures 30**

L'usage de la calculatrice et du dictionnaire n'est pas autorisé.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 14 pages numérotées de 1 à 14.

Le sujet est composé de 3 exercices indépendants.

Exercice 1 : (6pt) *Cet exercice porte sur la programmation objet en Python et les graphes.*
Nous avons représenté sous la forme d'un graphe les liens entre cinq différents sites Web :

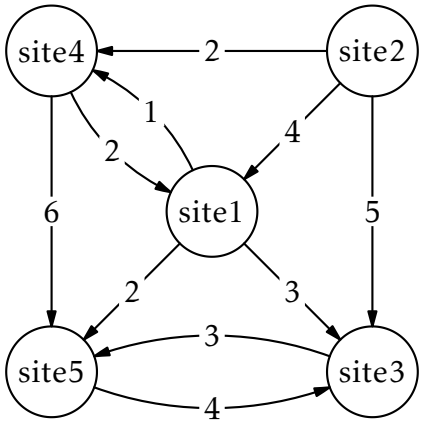


Figure 1. Graphe avec 5 sites

La valeur de chaque arête représente le nombre de citations (de liens hypertextes) d'un site vers un autre. Ainsi, le site **site4** contient 6 liens hypertextes qui renvoient vers le site **site5**.
Les sites sont représentés par des objets de la classe `Site` dont le code est partiellement donné ci-dessous. La complétion de la méthode `calculPopularite` fera l'objet d'une question ultérieure.

```
1  class Site:
2      def __init__(self, nom):
3          self.nom = nom
4          self.predecesseurs = []
5          self.successeurs = []
6          self.popularite = 0
7          self.couleur = 'blanche'
8
9      def calculPopularite(self):
10         ...
```

Le graphe précédent peut alors être représenté ainsi :

```
1  # Description du graphe
2  s1, s2, s3 = Site('site1'), Site('site2'), Site('site3')
3  s4, s5 = Site('site4'), Site('site5')
4  s1.successeurs = [(s3,3), (s4,1), (s5,3)]
5  s2.successeurs = [(s1,4), (s3,5), (s4,2)]
6  s3.successeurs = [(s5, 3)]
7  s4.successeurs = [(s1,2), (s5,6)]
8  s5.successeurs = [(s3,4)]
9  s1.predecesseurs = [(s2,4), (s4,2)]
10 s2.predecesseurs = []
11 s3.predecesseurs = [(s1,3), (s2,5), (s5,4)]
12 s4.predecesseurs = ...
13 s5.predecesseurs = ...
```

1) Expliquer la ligne 10 de ce code.
   Solution : On indique que le site **site2** n'a pas de prédécesseur en affectant une liste vide. C'est parce qu'aucun site n'a de lien vers **site2**.
2) Les lignes 12 et 13 de cette description du graphe ne sont pas complètes.

Recopier et compléter le code des lignes 12 et 13.

Solution :

```
s4.predecesseurs = [(s1, 1), (s2, 2)]
s5.predecesseurs = [(s1, 2), (s3, 3), (s4, 6)]
```

3) Donner et expliquer la valeur de l'expression suivante :
`s2.successeurs[1][1]`

Solution : On obtient le nombre de liens venant du successeur d'indice 1 du site *site2*. En l'occurrence, c'est 5, puisque le site **site3** a 5 liens vers le site **site2**.

Pour mesurer la pertinence d'un site, on commence par lui attribuer un nombre appelé *valeur de popularité* qui correspond au nombre de fois qu'il est cité dans les autres sites, c'est-à-dire le nombre de liens hypertextes qui renvoient sur lui.
Par exemple, la valeur de popularité du site **site4** est 3.

4) Donner, selon cette définition, la valeur de popularité du site **site1**.

Solution : Le site 1 a une popularité de $4 + 2 = 6$.

5) Écrire sur votre copie le code de la méthode `calculPopularite` de la classe `Site` qui affecte à l'attribut `popularite` la valeur de popularité correspondante et renvoie cet attribut.

Solution :

```
    def calculPopularite(self):
        c = 0
        for s, n in self.predecesseur:
            c += n
        return c
```

Afin de calculer cette valeur de popularité pour chacun des sites, nous allons faire un parcours dans le graphe de façon à exécuter la méthode calculPopularite pour chacun des objets.
Voici le code de la fonction qui permet le parcours du graphe :

```
1  def parcoursGraphe(sommetDepart):
2      parcours = []
3      sommetDepart.couleur = 'noire'
4      listeS = []
5      listeS.append(sommetDepart)
6      while len(listeS) != 0:
7          site = listeS.pop(0)
8          site.calculPopularite()
9          parcours.append(site)
10         for successeur in site.successeurs:
11             if successeur[0].couleur == 'blanche':
12                 successeur[0].couleur = 'noire'
13                 listeS.append( successeur[0] )
14     return parcours
```

On rappelle les points suivants :

- la méthode `append` ajoute un élément à une liste Python ;
  par exemple, `tab.append(el)` permet d'ajouter l'élément `el` à la liste Python `tab` ;
- la méthode `pop` enlève de la liste l'élément situé à la position indiquée et le renvoie en valeur de retour ;
  par exemple, `tab.pop(2)` enlève l'élément à l'indice 2 et le renvoie.

Dans ce parcours, les sites non encore traités sont de couleur 'blanche' (valeur par défaut à la création de l'objet) et ceux qui sont traités de couleur 'noire'.

6) Dans ce parcours, on manipule la liste Python nommée `listeS` uniquement à l'aide d'appels de la forme `listeS.append(sommet)` et `listeS.pop(0)`.
Donner la structure de données correspondant à ces manipulations.
Solution : Puisqu'on enlève l'élément ajouté en premier et qu'on rajoute en fin de liste, on obtient une file.

7) Donner le nom de ce parcours de graphe.
Solution : Si on utilise une file, on fait un parcours en largeur.

8) La fonction parcoursGraphe renvoie une liste parcours. Indiquer la valeur renvoyée par l'appel de fonction :
`parcoursGraphe(s1)`
Solution : On obtient `[s1, s3, s4, s5]`.

On cherche maintenant le site le plus populaire, celui dont la valeur de popularité est la plus grande.
Voici le code de la fonction qui renvoie le site le plus populaire, elle prend comme argument une liste non vide contenant des instances de la classe `Site`.

```
1 def lePlusPopulaire(listeSites):
2     maxPopularite = 0
3     siteLePlusPopulaire = listeSites[0]
4     for site in listeSites:
5         if site.popularite > maxPopularite:
6             ...
7             ...
8     return siteLePlusPopulaire
```

9) Copier et compléter les lignes 6 et 7 de cette fonction.
Solution :

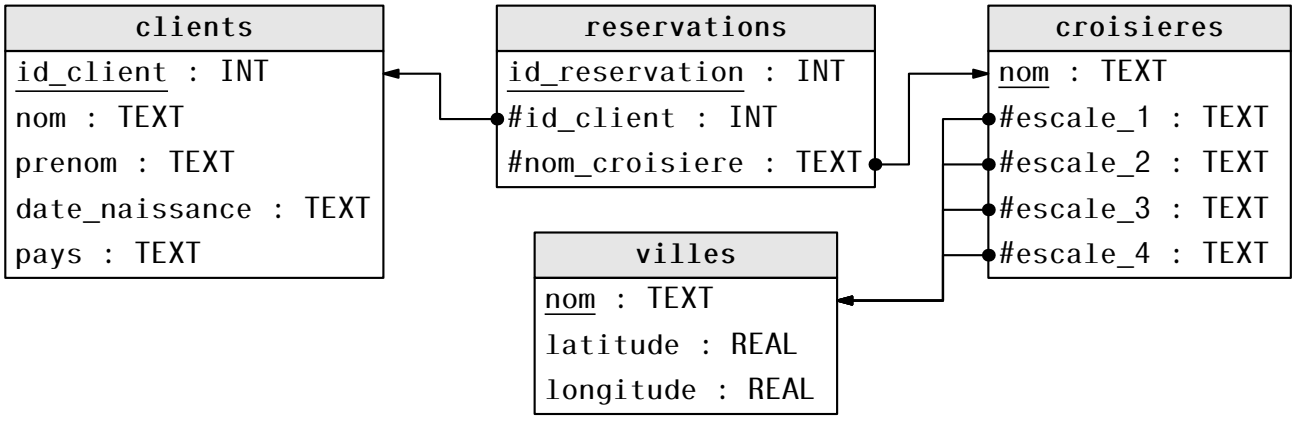
```
def lePlusPopulaire(listeSites):
    maxPopularite = 0
    siteLePlusPopulaire = listeSites[0]
    for site in listeSites:
        if site.popularite > maxPopularite:
            maxPopularite = site.popularite
            siteLePlusPopulaire = site
    return siteLePlusPopulaire
```

10) Donner ce que renvoie la ligne de code suivante :
`lePlusPopulaire(parcoursGraphe(s1)).nom`
Solution : On obtient 'site3', puisque c'est le site le plus populaire, avec une valeur de popularité de 12.

11) On envisage d'utiliser l'ensemble des fonctions proposées ci-dessus pour rechercher le site le plus populaire parmi un très grand nombre de sites (quelques milliers de sites). Expliquer si ce code est adapté à une telle quantité de sites à traiter. Justifier votre réponse.
Solution : Si `listeSites` contient des milliers de sites, puisqu'on ne regarde qu'une seule fois chaque site, on obtient un temps d'exécution linéaire, ce qui ne devrait pas poser de problèmes.. À moins d'utiliser un autre type de structure de données permettant de les trier par popularité, on ne peut pas faire mieux.

Exercice 2 : (6pt) *Cet exercice traite de protocoles de routage, de sécurité des communications et de base de données relationnelle.*

Une agence de voyage propose des croisières en bateau. Chaque croisière a un nom unique et passe par quatre escales correspondant à des villes qui ont elles aussi des noms différents. Pour gérer les réservations de ses clients, l'agence utilise une base de données. Voici la description des trois relations de cette base dont les clés primaires ont été soulignées et les clés étrangères indiquées par un # :



Remarque : l'énoncé de cet exercice utilise tout ou une partie des mots suivants du langage SQL : **SELECT**, **FROM**, **WHERE**, **JOIN ON**, **INSERT INTO**, **VALUES**, **UPDATE SET**, **OR**, **AND**.

Partie A

L'agence de voyage possède deux bureaux distincts.

Elle passe par un prestataire de service qui héberge sa base de données et utilise un système de gestion de base de données relationnelle.

Vous trouverez ci-après un schéma du réseau entre les deux bureaux de l'agence de voyage et le prestataire.

On peut y voir les différents routeurs (nommés de A à I) ainsi que le coût des liaisons entre eux.

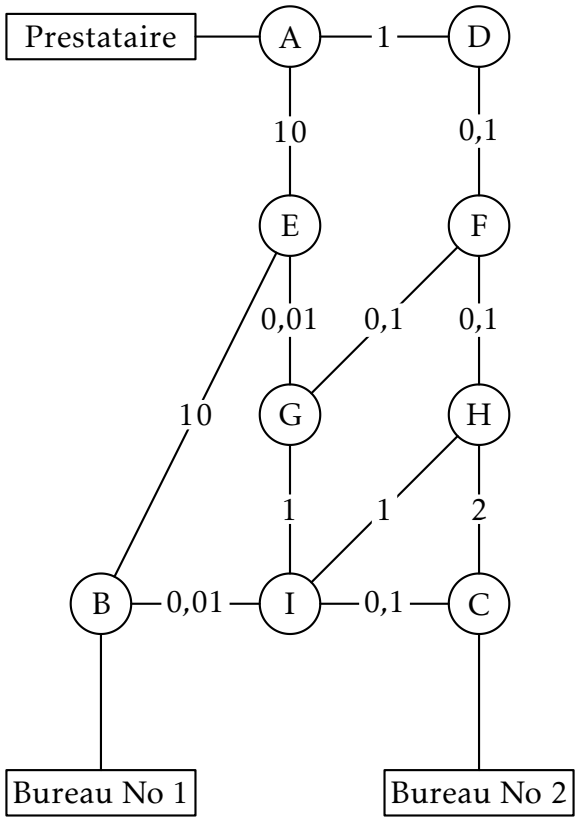


Figure 1. Topologie du réseau

1) Donner deux services rendus par un système de gestion de bases de données relationnelles.
Solution : Un SGBD permet de gérer plusieurs connexions en parallèle, de s'assurer de l'intégrité des données, de gérer les droits d'accès et la sécurisation des données.

Le protocole RIP (Routing Information Protocol) est un protocole de routage qui minimise le nombre de routeurs par lesquels les paquets transitent.
Le protocole OSPF (Open Shortest Path First) est un protocole de routage qui minimise le coût du transit des paquets.

2) Donner la route suivie par une requête issue du bureau numéro 1 jusqu'au prestataire si on utilise le protocole RIP.
Solution : Il faut passer par les routeurs B – E – A.

3) Donner les deux routes que pourrait suivre une requête issue du bureau numéro 2 jusqu'au prestataire si on utilise le protocole OSPF. Donner le coût de chaque route.
Solution : On peut faire C – I – H – F – D – A ou C – I – G – F – D – A qui ont toutes les deux un coût de 2,3.

Partie B

4) Expliquer pourquoi l'attribut `id_client` a été choisi comme clé primaire dans la relation `clients`.
Solution : C'est le seul attribut qui peut être unique, contrairement au nom, au prénom, à la date de naissance ou au pays.

5) Définir ce qu'est une clé étrangère. Donner la ou les clés étrangères de chaque relation qui en a en précisant la clé primaire qu'elles référencent.
Solution : Une clé étrangère est un attribut dont les valeurs sont celles d'une clé primaire d'une autre table. Cela permet de lier les valeurs des deux tables.
La table `reservation` a deux clés primaires : `id_client` qui fait référence à l'attribut de même nom de la table `clients` et `nom_croisiere`.
La table `croisieres` a 4 clés primaires `escale_1` à `escales_4` qui font tous référence à la clé primaire `nom` de la table `villes`.

L'agence a obtenu l'autorisation de faire escale dans quatre nouvelles villes : *Puerto saibo*, *Puerto kifecho*, *Puerto kifebo* et *Puerto repo*. Elle souhaite créer une nouvelle croisière qui passera par ces quatre villes. Un stagiaire de l'agence demande de l'aide à une Intelligence Artificielle (IA) :

Pour ajouter la nouvelle croisière nommée 'Croisière Puerto' avec ses escales correspondantes, vous pouvez utiliser la requête suivante :

```
INSERT INTO croisieres (nom, escale_1, escale_2,
                        escale_3, escale_4)
VALUES ('Croisière Puerto',
        'Puerto sebo',
        'Puerto kifecho',
        'Puerto kifebo',
        'Puerto repo');
```

Figure 2. Réponse de l'IA

Il tape alors la requête proposée mais obtient le message d'erreur suivant du SGBD : (Systèmes de Gestion de Bases de Données) : *FOREIGN KEY constraint failed.*

6) Expliquer l'erreur commise et proposer une solution.

Solution : Au moins une des escales n'est pas définie. Il faut définir toutes les villes escales avant de pouvoir les utiliser dans une croisière.

Partie C

7) Jean Barc, un allemand né le 29 juin 1972, demande un geste commercial en raison de sa fidélité à l'agence. Expliquer les requêtes SQL suivantes saisies par le gestionnaire :

```
SELECT id_client FROM clients
WHERE nom = 'Barc' AND prenom = 'Jean'
  AND date_naissance = '1972/06/29' AND pays = 'Allemagne';

SELECT id_reservation FROM reservations
WHERE id_client = 1243;
```

Solution : La première requête permet d'obtenir l'identifiant de Jean Barc et la deuxième permet d'obtenier tous les identifiants de ses réservations.

8) Écrire les deux requêtes de la question 7) sous la forme d'une requête unique.
Solution :

```
SELECT id_reservation FROM reservations
JOIN clients ON clients.id_clients = reservations.id_clients
WHERE nom = 'Barc' AND prenom = 'Jean'
  AND date_naissance = '1972/06/29' AND pays = 'Allemagne';
```

9) Un client souhaite modifier sa réservation d'identifiant 20456. Il souhaite remplacer la croisière de cette réservation par la toute dernière offre de l'agence : la *Croisière Puerto*. Écrire une requête SQL qui permet de mettre à jour la base de données pour lui donner satisfaction.
Solution :

```
UPDATE croisieres SET nom_croisiere = 'Croisière Puerto'
WHERE id_reservation = 20456;
```

10) Donner une requête SQL permettant d'obtenir les noms, prénoms et dates de naissance des clients ayant choisi la croisière nommée *Croisière Piano* ou celle nommée *Croisière Puerto*.
Solution :

```
SELECT nom, prenom, date_naissance FROM clients
JOIN reservations ON clients.id_clients = reservations.id_clients
WHERE nom_croisiere='Croisière Piano' OR nom_croisiere='Croisière Puerto';
```

Exercice 3 : (8pt) *Cet exercice porte sur la programmation orientée objet, sur les arbres binaires de recherche et la récursivité.*

Chaque année, plusieurs courses de chiens de traîneaux sont organisées sur les terrains enneigés. L'une d'elle, *La Traversée Blanche*, est une course se déroulant en 9 étapes. L'organisateur de cette course est chargé de créer un programme Python pour aider à la bonne gestion de l'événement.

Partie A : la classe `chien`

Afin de caractériser un chien, l'organisateur décide de créer une classe `Chien` avec les attributs suivants :

- `id_chien`, un nombre entier correspondant au numéro attribué au chien lors de son inscription à la course ;
- `nom`, une chaîne de caractères correspondant au nom du chien ;
- `role`, une chaîne de caractères correspondant au poste occupé par le chien : en fonction de sa place dans l'attelage, un chien a un rôle bien défini et peut être `'leader'`, `'swing dog'`, `'wheel dog'` ou `'team dog'`.
- `id_proprietaire`, un nombre entier correspondant au numéro de l'équipe.

Le code Python incomplet de la classe `Chien` est donné ci-dessous.

```
1  class Chien:
2      def __init__(self, id_chien, nom, role, id_prop):
3          self.id_chien = id_chien
4          self.nom = nom
5          self.role = role
6          self.id_proprietaire = id_prop
7
8      def changer_role(self, nouveau_role):
9          """Change le rôle du chien avec
10         la valeur passée en paramètre."""
11         ...
```

Voici un extrait des informations dont on dispose sur les chiens inscrits à la course.

Chiens inscrits à la course			
`id_chien`	`nom`	`role`	`id_proprietraire`
40	Duke	wheel dog	10
41	Sadie	team dog	10
42	Zeus	swing dog	11
43	Roxie	swing dog	11
44	Scout	team dog	11
45	Ginger	team dog	11
46	Helka	team dog	11

Suite aux inscriptions, l'organisateur procède à la création de tous les objets de type `Chien` et les stocke dans des variables en choisissant un nom explicite. Ainsi, l'objet dont l'attribut `id_chien` a pour valeur 40 est stocké dans la variable `chien40`.

1) Écrire l'instruction permettant d'instancier l'objet `chien40` caractérisant le chien ayant le numéro d'inscription 40.

   Solution : `chien40 = Chien(40, 'Duke', 'wheel dog', 10)`

2) Selon l'état de fatigue de ses chiens ou du profil de l'étape, le *musher* (nom donné à la personne qui conduit le traîneau) peut décider de changer le rôle des chiens dans l'attelage.

   Recopier et compléter la méthode `changer_role` de la classe `Chien`.

Solution :

```
    def changer_role(self, nouveau_role):
        self.role = nouveau_role
```

3) Le propriétaire de Duke décide de lui attribuer le rôle de `'leader'`.
Écrire l'instruction permettant d'effectuer cette modification.

Solution : `chien40.changer_role('leader')`

Partie B : la classe Equipe

On souhaite à présent créer une classe `Equipe` ayant les attributs suivants :

- `num_dossard`, un nombre entier correspondant au numéro inscrit sur le dossard du musher ;
- `nom_equipe`, une chaîne de caractères correspondant au nom de l'équipe ;
- `liste_chiens`, une liste d'objets de type Chien dont chaque élément correspond à un chien au départ de l'étape du jour ;
- `temps_etape`, une chaîne de caractères (par exemple '2h34') représentant le temps mis par l'équipe pour parcourir l'étape du jour ;
- `liste_temps`, une liste de chaînes de caractères permettant de stocker les temps de l'équipe pour chacune des 9 étapes. Cet attribut peut, par exemple, contenir la liste :
`['4h36', '3h57', '3h09', '5h49', '4h45', '3h26', '4h57', '5h52', '4h31']`.

On donne le code Python suivant de la classe `Equipe`.

```
1  class Equipe:
2      def __init__(self, num_dossard, nom_equipe):
3          self.num_dossard = num_dossard
4          self.nom_equipe = nom_equipe
5          self.liste_chiens = []
6          self.temps_etape = ''
7          self.liste_temps = []
8
9      def ajouter_chien(self, chien):
10         self.liste_chiens.append(chien)
11
12     def retirer_chien(self, numero):
13         ...
14
15     def ajouter_temps_etape(self, temps):
16         self.liste_temps.append(temps)
```

Pour la première étape, le *musher* de l'équipe numéro 11, représentée en Python par l'objet `eq11`, décide de constituer une équipe avec les quatre chiens identifiés par les numéros 42, 44, 45 et 46. On donne ci-dessous les instructions Python permettant de créer l'équipe `eq11` et l'attelage constitué des 4 chiens précédents.

```
1  eq11 = Equipe(11, 'Malamutes Endurants')
2  eq11.ajouter_chien(chien42)
3  eq11.ajouter_chien(chien44)
4  eq11.ajouter_chien(chien45)
5  eq11.ajouter_chien(chien46)
```

Malheureusement, le *musher* s'aperçoit que sa chienne Helka, chien numéro 46, n'est pas au mieux de sa forme et il décide de la retirer de l'attelage.

4) Recopier et compléter la méthode `retirer_chien` ayant pour paramètre `numero`, un entier correspondant au numéro attribué au chien lors de l'inscription, et permettant de

mettre à jour l'attribut `liste_chiens` après retrait du chien dont la valeur de l'attribut `id_chien` est `numero`.

Solution : On ne peut pas modifier une liste qu'on est en train de parcourir avec une boucle **for**. On peut donc soit créer une nouvelle liste sans le chien ou alors trouver son indice dans la liste et ensuite le retirer.

```
    def retirer_chien(self, numero):
        nouvelle_liste = []
        for chien in self.liste_chiens:
            if chiens.id_chien != numero:
                nouvelle_liste.append(chien)
        self.liste_chiens = nouvelle_liste

    # Autre solution
    def retirer_chien(self, numero):
        a_retirer = None
        for i in range(len(self.liste_chiens)):
            chien = self.liste_chiens[i]
            if chiens.id_chien == numero:
                a_retirer = i
        if a_retirer is not None:
            self.liste_chiens.pop(a_retirer)
```

5) En vous aidant de la fonction précédente, écrire l'instruction qui permet de retirer Helka de l'attelage de l'équipe `eq11`.

Solution : `eq11.retirer_chien(46)`

On donne à présent le code Python d'une fonction `convert` prenant pour paramètre chaine, une chaîne de caractères représentant une durée, donnée en heure et minute.
On supposera que cette durée est toujours strictement inférieure à 10 heures, temps maximal fixé par le règlement pour terminer une étape.

```
1 def convert(chaine):
2     heure_dec = int(chaine[0]) + int(chaine[2] + chaine[3])/60
3     return heure_dec
```

6) Indiquer le résultat renvoyé par l'appel `convert('4h36')`.

Solution : $4 + \frac{36}{60} = 4{,}6$.

7) Écrire une fonction `temps_course` qui prend pour paramètre `equipe` de type `Equipe` et qui renvoie un nombre flottant correspondant au cumul des temps de l'équipe `equipe` à l'issue des 9 étapes de la course.
On rappelle que la classe `Equipe` dispose d'un attribut `liste_temps`.

Solution :

```
def temps_course(equipe):
    t = 0
    for temps in equipe.liste_temps:
        t += convert(t)
    return t
```

Partie C : classement à l'issue d'une étape

Chaque jour, à la fin de l'étape, on décide de construire un Arbre Binaire de Recherche (ABR) afin d'établir le classement des équipes. Chaque nœud de cet arbre est un objet de type `Equipe`.

Dans cet arbre binaire de recherche, en tout nœud :

- toutes les équipes du sous-arbre gauche sont strictement plus rapides que ce nœud ;
- toutes les équipes du sous-arbre droit sont moins rapides ou sont à égalité avec ce nœud.

Voici les temps, en heure et minute, relevés à l'issue de la première étape :

Temps à l'arrivée de la première étape											
Equipe	`eq1`	`eq2`	`eq3`	`eq4`	`eq5`	`eq6`	`eq7`	`eq8`	`eq9`	`eq10`	`eq11`
Temps	4h36	3h57	3h09	5h49	4h45	3h26	4h51	5h52	4h31	3h44	4h26

Dans l'arbre binaire de recherche initialement vide, on ajoute successivement, dans cet ordre, les équipes `eq1`, `eq2`, `eq3`, ..., `eq11`, 11 objets de la classe `Equipe` tous construits sur le même modèle que l'objet `eq11` précédent.

8) Dans l'arbre binaire de recherche ci-dessous, les nœuds `eq1` et `eq2` ont été insérés. Recopier et compléter cet arbre en insérant les 9 nœuds manquants.

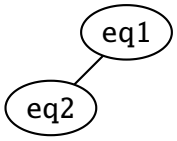
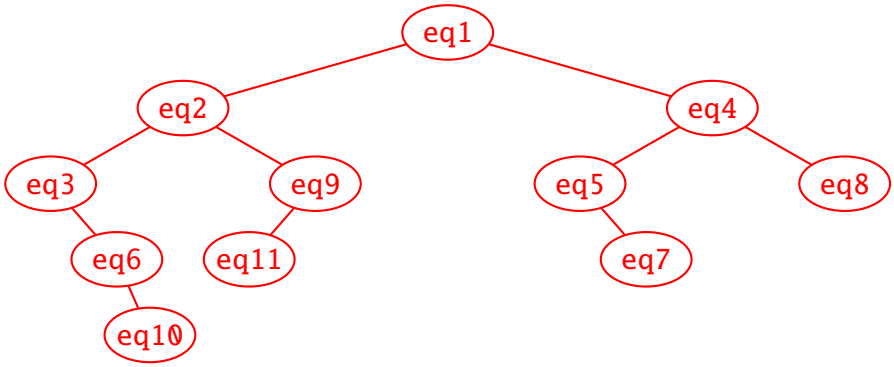


Figure 1. Premiers éléments de l'ABR

Solution :



9) Indiquer quel parcours d'arbre permet d'obtenir la liste des équipes classées de la plus rapide à la plus lente.

Solution : Il faut faire un parcours infixe.

On donne ci-dessous la classe `Noeud`, permettant de définir les arbres binaires :

```
1 class Noeud:
2     def __init__(self, equipe, gauche=None, droit=None):
3         self.racine = equipe
4         self.gauche = gauche
5         self.droit = droit
```

On donne ci-dessous le code d'une fonction `construction_arbre` qui, à partir d'une liste d'éléments de type `Noeud` permet d'insérer successivement chaque nœud à sa place dans l'ABR.

```
1 def construction_arbre(liste):
2     a = Noeud(liste[0])
3     for i in range(1, len(liste)):
4         inserer(a, liste[i])
5     return a
```

La fonction `construction_arbre` fait appel à la fonction `inserer` qui prend pour paramètre `arb`, de type `Noeud`, et `eq`, de type `Equipe`. Cette fonction construit le nœud à partir de `eq` et l'insère à sa place dans l'ABR.

```
1  def inserer(arb, eq):
2      """ Insertion d'une équipe à sa place dans un ABR contenant
3      au moins un noeud."""
4      if convert(eq.temps_etape) < convert(arb.racine.temps_etape):
5          if arb.gauche is None:
6              arb.gauche = ...
7          else:
8              inserer(..., eq)
9      else:
10         if arb.droit is None:
11             arb.droit = Noeud(eq)
12         else:
13             ...
```

10) Expliquer en quoi la fonction `inserer` est une fonction récursive.
Solution : La fonction s'appelle elle-même à la ligne 8. Elle est donc récursive.

11) Recopier et compléter les lignes 6, 8 et 13 de la fonction `inserer`.
Solution :

```
def inserer(arb, eq):
    if convert(eq.temps_etape) < convert(arb.racine.temps_etape):
        if arb.gauche is None:
            arb.gauche = Noeud(eq)
        else:
            inserer(arb.gauche, eq)
    else:
        if arb.droit is None:
            arb.droit = Noeud(eq)
        else:
            inserer(arb.droit, eq)
```

12) Recopier et compléter les lignes 3 et 5 de la fonction `est_gagnante` ci-dessous qui prend en paramètre un ABR `arbre`, de type `Noeud`, et qui renvoie le nom de l'équipe ayant gagné l'étape.

```
1  def est_gagnante(arbre):
2      if arbre.gauche == None:
3          return ...
4      else:
5          return ...
```

Solution :

```
def est_gagnante(arbre):
    if arbre.gauche == None:
        return arbre.racine.nom_equipe
    else:
        return est_gagnante(arbre.gauche)
```

Partie D : classement général

On décide d'établir un classement général obtenu à partir du cumul des temps mis par chaque équipe pour parcourir l'ensemble des 9 étapes.
Sur le même principe que l'arbre de la partie précédente, on construit l'ABR ci-dessous qui permet, grâce au parcours d'arbre approprié, d'établir ce classement général des équipes.

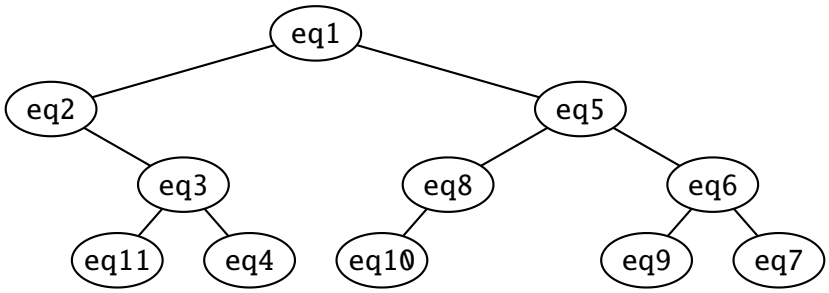
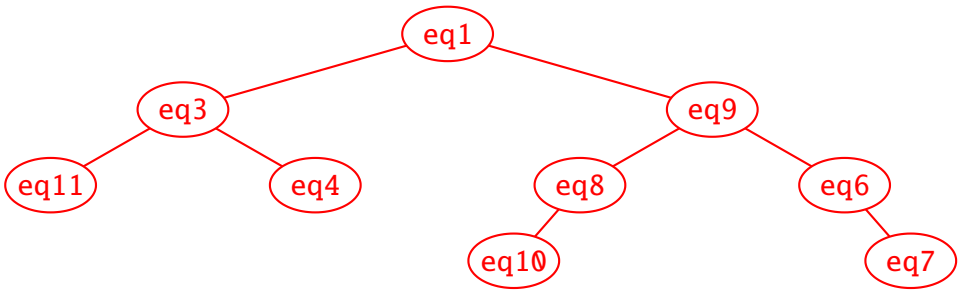


Figure 2. ABR du classement général

Le règlement prévoit la disqualification d'une équipe en cas de non-respect de celui-ci. Il s'avère que l'équipe 2 et l'équipe 5 doivent être disqualifiées pour manquement au règlement. Les nœuds `eq2` et `eq5` doivent donc être supprimés de l'ABR précédent.
Pour supprimer un nœud `N` dans un ABR, trois possibilités se présentent :

- le nœud `N` à supprimer est une feuille : il suffit de le retirer de l'arbre ;
- le nœud `N` à supprimer n'a qu'un seul fils : on relie le fils de `N` au père de `N` et on supprime le nœud `N` ;
- le nœud `N` à supprimer possède deux fils : on le remplace par son successeur (l'équipe qui a le temps immédiatement supérieur) qui est toujours le minimum de ses descendants droits.

13) Dessiner le nouvel arbre de recherche `a_final` obtenu après suppression des équipes `eq2` et `eq5` dans l'ABR correspondant au classement général.
Solution :



L'organisateur souhaite disposer d'une fonction `rechercher` permettant de savoir si une équipe a été disqualifiée ou non. On donne les spécifications de la fonction `rechercher`, prenant en paramètre `arbre` et `equipe`.

```
def rechercher(arbre, equipe):
    """
    Paramètres
    ---------
    arbre : un ABR, non vide, de type Noeud, représentant le
            classement général.
    equipe : un élément, de type Equipe, dont on veut déterminer
             l'appartenance ou non à l'ABR arbre.
    Résultat
```

```
    ---------
    Cette fonction renvoie True si equipe est un nœud de arbre,
    False sinon.
    """
    ...
```

Pour cette fonction (`a_final` désigne l'arbre obtenu à la question 13, après suppression des équipes 2 et 5) :

- l'appel `rechercher(a_final, eq1)` renvoie **`True`** ;
- l'appel `rechercher(a_final, eq2)` renvoie **`False`**.

14) Écrire le code de la fonction `rechercher`.

Solution : On peut faire la recherche en utilisant le temps total de chaque équipe pour se déplacer dans l'ABR ou alors on peut simplement explorer l'arbre comme un arbre binaire quelconque.

```
# version ABR
def rechercher(arbre, equipe):
    t = temps_course(equipe)
    tr = temps_course(arbre.racine)
    if arbre.racine == equipe:
        return True
    elif arbre.gauche is not None and t < tr:
        return rechercher(arbre.gauche, equipe)
    elif arbre.droit is not None and t >= tr:
        return rechercher(arbre.droit, equipe)
    else:
        return False

# version arbre binaire
def rechercher(arbre, equipe):
    if arbre is None:
        return False
    elif arbre.racine == equipe:
        return True
    else:
        return (rechercher(arbre.gauche, equipe)
                or rechercher(arbre.droit, equipe))
```