```
        indice = i + self.premier
        return self.contenu[indice]

    def __setitem__(self, i, v):
        """Exemples:
        >>> t = TableauIndex(-10, 9, 42)
        >>> t[-10] = 12
        >>> t[-10]
        12
        >>> t[-9]
        42
        """
        if i < self.premier or i >= self.premier + len(self):
            raise IndexError (i)

        indice = i - self.premier
        self.contenu[indice] = v

    def __str__(self):
        """Exemples:
        >>> t = TableauIndex(5,9,10)
        >>> print(t)
        [10, 10, 10, 10, 10]
        """
        return str(self.contenu)


testmod()
```


https://pa.dilla.fr/19

ACTIVITÉ 1

Définir une classe `Fraction` pour représenter un nombre rationnel. Cette classe possède deux attributs, `num` et `denom`, qui sont des entiers et désignent respectivement le numérateur et le dénominateur. On demande que le dénominateur soit plus particulièrement un entier strictement positif.

1. Écrire le constructeur de cette classe. Le constructeur doit lever une `ValueError` si le dénominateur fourni n'est pas strictement positif.
2. Ajouter une méthode `__str__` qui renvoie une chaîne de caractères de la forme `"12 / 35"`, ou simplement de la forme `"12"` lorsque le dénominateur vaut 1.
3. Ajouter des méthodes `__eq__` et `__lt__` qui reçoivent une deuxième fraction en argument et renvoient `True` si la première fraction représente respectivement un nombre égal ou un nombre strictement inférieur à la deuxième fraction.
4. Ajouter des méthodes `__add__` et `__mul__` qui reçoivent une deuxième fraction en argument et renvoient une nouvelle fraction représentant respectivement la somme et le produit des deux fractions.
5. Tester ces opérations.
6. (bonus) S'assurer que les fractions sont toujours sous forme réduite.

[ ]:
```python
from doctest import testmod


class Fraction:

    def __init__(self, num, denom):
        """Nombre rationnel définit par la fraction
        num/denom avec denom > 0

        Args:
            num (int): numérateur
            denom (int): dénominateur > 0

        Exemples:
        >>> nb = Fraction(1,2)
        >>> print(nb.num)
        1
        >>> print(nb.denom)
        2
        """
        if denom <= 0:
            raise ValueError("le dénominateur doit être strictement positif")
        self.num = num
        self.denom = denom


    def __str__(self):
        """Affichage de la classe Fraction

        Exemple :
        >>> print(Fraction(1,2))
        1 / 2
        >>> print(Fraction(5,1))
        5
        """
        if self.denom == 1:
            return str(self.num)

        texte = str(self.num) + " / " + str(self.denom)
        return texte


    def __eq__ (self, frac):
        """Est ce que le nombre rationnel est égal à frac?

        Args:
            frac (Fraction): nombre rationnel à comparer

        Exemples:
        >>> Fraction(1,2) == Fraction(1,2)
        True
        >>> Fraction(1,2) == Fraction (2,1)
        False
        >>> Fraction(1,2) == Fraction(5,10)
        True
        """
        if self.denom == frac.denom:
            return self.num == frac.num

        # méthode du produit en croix pour tester égalité
        # l'avantage est de ne comparer que des nombres entiers
        # et pas des float
        return self.num * frac.denom == self.denom * frac.num
```


Écrire une méthode `__len__(self)` qui renvoie la taille du tableau.

Écrire une méthode `__getitem__(self, i)` qui renvoie l'élément du tableau self d'indice `i`. De même, écrire une méthode `__setitem__(self, i, v)` qui modifie l'élément du tableau `self` d'indice `i` pour lui donner la valeur `v`. Ces deux méthodes doivent vérifier que l'indice `i` est bien valide et, dans le cas contraire, lever l'exception `IndexError` avec la valeur de `i` en argument (c'est-à-dire `raise IndexError (i)`).

Enfin, écrire une méthode `__str__(self)` qui renvoie une chaîne de caractères décrivant le contenu du tableau.

[ ]:
```python
from doctest import testmod

class TableauIndex():
    def __init__(self, imin, imax, v):
        """Tableau d'indices quelconque.

        Args:
            imin (int): indice de début
            imax (int): indice de fin de tableau
            v (object): valeur initiale de toutes les cellules du tableau

        Exemples:
        >>> t = TableauIndex(-10, 9, 42)
        >>> t.contenu
        [42, 42, 42, 42, 42, 42, 42, 42, 42, 42, 42, 42, 42, 42, 42, 42, 42, 42, 42, 42]
        """
        self.premier = imin
        longueur = imax - imin + 1
        self.contenu = [v] * longueur


    def __len__(self):
        """
        Exemples:
        >>> t = TableauIndex(-10, 9, 42)
        >>> len(t)
        20
        """
        return len(self.contenu)


    def __getitem__(self, i):
        """Exemples:
        >>> t = TableauIndex(-10, 9, 42)
        >>> t[-10]
        42
        """
        if i < self.premier or i >= self.premier + len(self):
            raise IndexError (i)
```

```
            bool: True ssi est strictement antérieure à date

        Exemples:
        >>> Date(5,6,1978) < Date(4,6,1978)
        False
        >>> Date(5,6,1978) < Date(7,6,1978)
        True
        >>> Date(1,1,2006) < Date(1,1,2006)
        False
        >>> Date(1,1,2004) < Date(1,1,2006)
        True
        >>> Date(1,4,2003) < Date(1,5,2003)
        True
        """
        if self.annee < date.annee:
            return True
        if self.annee > date.annee:
            return False
        if self.mois < date.mois:
            return True
        if self.mois > date.mois:
            return False
        if self.jour < date.jour:
            return True
        return False


testmod()
```

ACTIVITÉ 5

Dans certains langages de programmation les tableaux ne sont pas nécessairement indexés à partir de `0`. Par exemple, on peut déclarer un tableau dont les indices vont de `-10` à `9` si on le souhaite. Dans cet exercice, on se propose de construire une classe `Tableau` pour réaliser de tels tableaux. Un objet de cette classe aura deux attributs, un attribut `premier` qui est la valeur de premier indice et un attribut `contenu` qui est un tableau Python contenant les éléments. Ce dernier est un vrai tableau Python, indexé à partir de 0.

Écrire un constructeur `__init__(self, imin, imax, v)` où `imin` est le premier indice, `imax` le dernier indice et `v` la valeur utilisée pour initialiser toutes les cases du tableau. Ainsi, on peut écrire `t = Tableau(-10, 9, 42)` pour construire un tableau de vingt cases, indexées de `-10` à `9` et toutes initialisées avec la valeur `42`.


```
    def __lt__(self, frac):
        """Est ce que le nombre rationnel est inférieur à frac?

        Args:
            frac (Fraction): nombre rationnel à comparer

        Returns:
            bool: True si inférieur à frac

        Exemple:
        >>> Fraction(5,7) < Fraction(6,7)
        True
        >>> Fraction(5,7) < Fraction(4,7)
        False
        >>> Fraction(5,7) < Fraction(10,14)
        False
        >>> Fraction(3,4) < Fraction(1,2)
        False
        """
        if self.denom == frac.denom:
            return self.num < frac.num

        # méthode de comparaison par le produit en croix
        # manipulation d'entiers (moins de pb que les float)
        return self.num * frac.denom < self.denom * frac.num


    def __mul__(self, frac):
        """résultat du produit par frac

        Args:
            frac (Fraction): nb rationnel avec lequel on multiplie

        Returns:
            Fraction: nb rationnel produit des deux fractions

        Exemple:
        >>> Fraction(1,3) * Fraction(3,5) == Fraction(1,5)
        True
        """
        num = self.num * frac.num
        denom = self.denom * frac.denom
        return Fraction(num, denom)


    def __add__(self, frac):
        """
        >>> Fraction(1,2) + Fraction(3,5) == Fraction(11,10)
        True
        >>> Fraction(1,2) + Fraction(50,50) == Fraction(3,2)
        True
        """
        denom = self.denom * frac.denom
        num = self.num * frac.denom + frac.num * self.denom
        return Fraction(num, denom)


testmod()
```

ACTIVITÉ 2

Définir une classe `Intervalle` représentant des intervalles de nombres. Cette classe possède deux attributs `a` et `b` représentant respectivement l'extrémité inférieure et l'extrémité supérieure de l'intervalle. Les deux extrémités sont considérées comme incluses dans l'intervalle. Tout intervalle avec `b < a` représente l'intervalle vide.

1. Écrire le constructeur de la classe `Intervalle` et une méthode `est_ vide` renvoyant `True` si l'objet représente l'intervalle vide et `False` sinon.
2. Ajouter des méthodes `__len__` renvoyant la longueur de l'intervalle (l'intervalle vide a une longueur `0`) et `__contains__` testant l'appartenance d'un élément `x` à l'intervalle.
3. Ajouter une méthode `__eq__` permettant de tester l'égalité de deux intervalles avec == et une méthode `__le__` permettant de tester l'inclusion d'un intervalle dans un autre avec <=. Attention : toutes les représentations de l'intervalle vide doivent être considérées égales, et incluses dans tout intervalle.
4. Ajouter des méthodes intersection et union calculant respectivement l'intersection de deux intervalles et le plus petit intervalle contenant l'union de deux intervalles (l'intersection est bien toujours un intervalle, alors que l'union ne l'est pas forcément). Ces deux fonctions doivent renvoyer un nouvel intervalle sans modifier leurs paramètres.
5. Tester ces méthodes.

[ ]:
```python
class Intervalle:

    def __init__(self, debut, fin):
        self.a = debut
        self.b = fin


    def est_vide(self):
```


1. Écrire son constructeur.
2. Ajouter une méthode `__str __` qui renvoie une chaîne de caractères de la forme `"8 mai 1945"`. On pourra se servir d'un attribut de classe qui est un tableau donnant les noms des douze mois de l'année. Tester en construisant des objets de la classe `Date` puis en les affichant avec `print`.
3. Ajouter une méthode `__lt__` qui permet de déterminer si une date `d1` est antérieure à une date `d2` en écrivant `d1 < d2`. La tester.

[ ]:
```python
# version avec des test unitaire

from doctest import testmod


class Date:

    mois_fr = [ None,
            'janvier', 'février', 'mars',
            'avril', 'mai', 'juin',
            'juillet', 'août', 'septembre',
            'octobre', 'novembre', 'décembre']

    def __init__(self, j, m, a):
        self.jour  = j
        self.mois  = m
        self.annee = a

    def __str__(self):
        """Affiche une date en français.
        Par exemple '8 mai 1945'.

        Returns:
            str

        Exemple:
        >>> print(Date(8,5,1945))
        8 mai 1945
        >>> print(Date(5,6,1977))
        5 juin 1977
        """
        date  = str(self.jour) + " "
        date += Date.mois_fr[self.mois] + " "
        date += str(self.annee)
        return date

    def __lt__(self, date):
        """Est ce que la date est antérieure à date?

        Args:
            date (Date)

        Returns:
```

```
        mesure = self.angle + obj.angle
        return Angle(mesure)


    def _radian(mesure):
        """Methode de classe auxiliaire utilisée
        dans cos et sin.
        Convertit la mesure en degré en radian

        Args:
            mesure (int): valeur en degré

        Returns:
            float: valeur en radian

        Exemple:
        >>> round( Angle._radian(90) ,5)
        1.5708
        """
        from math import pi
        return mesure * pi / 180


    def cos(self):
        """Cosinus de l'angle.

        Returns:
            float: cosinus de la mesure de l'angle

        Exemple :
        >>> round( Angle(45).cos() ,5)
        0.70711
        """
        from math import cos
        return cos( Angle._radian(self.angle) )


    def sin(self):
        """Sinus de l'angle

        Returns:
            float: sinus de la mesure de l'angle

        Exemple:
        >>> round ( Angle(45).sin() ,5 )
        0.70711
        """
        from math import sin
        return sin( Angle._radian (self.angle) )


testmod()
```

ACTIVITÉ 4

Définir une classe `Date` pour représenter une date, avec trois attributs `jour`, `mois` et `annee`.


```
        return self.b < self.a


    def __len__(self):
        if self.est_vide() :
            return 0
        return self.b - self.a


    def __contains__(self, x):
        if self.est_vide():
            return False
        if x > self.b or  x < self.a:
            return False
        return True


    def __eq__(self, inter2):
        if self.est_vide() and inter2.est_vide():
            return True

        if self.a == inter2.a and self.b == inter2.b:
            return True

        return False


    def __le__(self, inter2):
        if self.est_vide():
            return True

        return self.a >= inter2.a and self.b <= inter2.b


    def intersection(self, inter2):
        if self.est_vide():
            return self

        if inter2.est_vide():
            return inter2

        tmp_a = max(self.a, inter2.a)
        tmp_b = min(self.b, inter2.b)

        return Intervalle( tmp_a, tmp_b )


    def reunion(self, inter2):
        if self.est_vide():
            return inter2
        if inter2.est_vide():
            return self

        intersec = self.intersection(inter2)
        if intersec.est_vide():
            if len(self) <= len(inter2):
                return self
            else:
                return inter2

        tmp_a = min(self.a, inter2.a)
        tmp_b = max(self.b, inter2.b)
```

```
        return Intervalle(tmp_a, tmp_b)


    def __str__(self):
        return "[" + str(self.a) + " ; " + str(self.b) + "]"
```

[ ]:
```
# Tests des méthodes

mon_inter  = Intervalle(5,12)
print("mon_inter.a:", mon_inter.a)
print("mon_inter.b:", mon_inter.b)

mon_inter2 = Intervalle(5, 3)
print("mon_inter2.a:", mon_inter2.a)
print("mon_inter2.b:", mon_inter2.b)

print("mon_inter.est_vide():" , mon_inter.est_vide()  )
print("mon_inter2.est_vide():", mon_inter2.est_vide() )

print("len(mon_inter):" , len(mon_inter)  )
print("len(mon_inter2):", len(mon_inter2) )

print("mon_inter.__contains__(5):", mon_inter.__contains__(5) )
print("5 in mon_inter:", 5 in mon_inter )

print( "3 in mon_inter:", 3 in mon_inter )
print( "12.001 in mon_inter:", 12.001 in mon_inter )

print ("mon_inter == mon_inter2:", mon_inter == mon_inter2)

print("Intervalle(4,10) <= Intervalle(5,12):", Intervalle(4,10) <= Intervalle(5,12) )

print("[4,6] inters. [5,10] == [5, 6]:", Intervalle(4,6).intersection(Intervalle(5,10)) ==␣
↪Intervalle(5,6) )

print("[4,6] reunion [9,10] == [9,10]:", Intervalle(4,6).reunion(Intervalle(9,10)) ==␣
↪Intervalle(9,10) )
print("[4,6] reunion [5, 8] == [4, 8]:", Intervalle(4,6).reunion(Intervalle(5, 8)) == Intervalle(4,␣
↪8) )
```

Voici ci-dessous une version du code précédent :

- avec une documentation correcte
- avec des tests unitaires utilisant la bibliothèque `doctest`.

[ ]:
```
from doctest import testmod


class Intervalle:
    def __init__(self, debut, fin):
        """Intervalle d'extrémité [a ; b]

        Args:
            debut (int): borne inf de l'intervalle
            fin (int): borne sup de l'intervalle

        Exemples:
        >>> inter = Intervalle(5,12)
        >>> inter.a
```



```
        >>> a.angle
        5
        """
        mesure = Angle._ajuste(mesure)
        self.angle = mesure


    def _ajuste(angle):
        """Méthode de classe auxiliaire (hors interface)
        utilisée dans le constructeur __init__ pour
        vérifier, quoi qu'il arrive la contrainte d'un
        angle compris entre 0 et 360.

        Renvoie la valeur angle restreinte à
        l'intervalle [0 ; 360[.

        Args:
            angle (int): mesure d'un angle

        Returns:
            int: valeur ajustée de l'angle

        >>> Angle._ajuste(360)
        0
        >>> Angle._ajuste(365)
        5
        >>> Angle._ajuste(90)
        90
        """
        return angle % 360


    def __str__(self):
        """Affiche un angle sous la forme
        '90 degrés'

        Returns:
            str:

        Exemples:
        >>> print(Angle(90))
        90 degrés
        >>> print(Angle(390))
        30 degrés
        """
        return str(self.angle) + " degrés"


    def ajoute(self, obj):
        """Ajoute l'angle actuel avec un autre antre obj

        Args:
            obj (Angle): angle à ajouter

        Returns:
            Angle: Angle de mesure égale à la somme des deux angles

        Exemples:
        >>> a1 = Angle(90)
        >>> a2 = Angle(350)
        >>> print( a1.ajoute(a2) )
        80 degrés
        """
```

ACTIVITÉ 3

Définir une classe `Angle` pour représenter un angle en degrés. Cette classe contient un unique attribut, `angle`, qui est un entier. On demande que, quoiqu'il arrive, l'égalité $0 \leq$ `angle` < 360 reste vérifiée.

1. Écrire le constructeur de cette classe.
2. Ajouter une méthode `__str __` qui renvoie une chaîne de caractères de la forme `"60 degrés"`. Observer son effet en construisant un objet de la classe `Angle` puis en l'affichant avec `print`.
3. Ajouter une méthode `ajoute` qui reçoit un autre angle en argument (un objet de la classe `Angle`) et l'ajoute au champ `angle` de l'objet. Attention à ce que la valeur d'`angle` reste bien dans le bon intervalle.
4. Ajouter deux méthodes `cos` et `sin` pour calculer respectivement le cosinus et le sinus de l'angle. On utilisera pour cela les fonctions `cos` et `sin` de la bibliothèque `math`. Attention : il faut convertir l'angle en radians (en le multipliant par $\pi/180$) avant d'appeler les fonctions `cos` et `sin`.
5. Tester les méthodes `ajoute`, `cos` et `sin`.

[ ]:
```
# version avec tests unitaires
# de toutes les méthodes
from doctest import testmod


class Angle:
    """Angles compris entre 0 et 360°
    """

    def __init__(self, mesure):
        """Angle de mesure entière comprise entre 0 et 360.

        Args:
            mesure (int): mesure de l'angle

        Exemple:
        >>> a = Angle(90)
        >>> a.angle
        90
        >>> a = Angle(365)
```



```
        5
        >>> inter.b
        12
        """
        self.a = debut
        self.b = fin


    def est_vide(self):
        """Est ce que l'intervalle est vide?
        Est considéré vide un intervalle
        [a,b] dont b <= a.

        Returns:
            bool: True si intervalle vide

        Exemple:
        >>> inter1 = Intervalle(5,12)
        >>> inter1.est_vide()
        False
        >>> inter2 = Intervalle(5, 3)
        >>> inter2.est_vide()
        True
        """
        return self.b < self.a


    def __len__(self):
        """Longueur d'un intervalle.

        Returns:
            int: longueur de l'intervalle [a,b]

        Exemple:
        >>> len(Intervalle(5,12))
        7
        >>> len(Intervalle(5,3))
        0
        """
        if self.est_vide() :
            return 0
        return self.b - self.a


    def __contains__(self, x):
        """Est ce que la valeur x appartient
        à l'intervalle [a,b]?

        Args:
            x (float/int): nombre

        Returns:
            bool: True ssi x in [a,b]

        Exemples:
        >>> 6 in Intervalle(5,12)
        True
        >>> 5 in Intervalle(5,12)
        True
        >>> 4.9 in Intervalle(5,12)
        False
        """
        if self.est_vide():
```

```
            return False
        if x > self.b or  x < self.a:
            return False
        return True


    def __eq__(self, inter):
        """Est ce que l'intervalle est
        égale à l'intervalle inter

        Args:
            inter2 (Intervalle): Intervalle à comparer

        Returns:
            bool: True ssi les deux intervalles ont les
            mêmes bornes

        Exemple:
        >>> Intervalle(5,12) == Intervalle(5,7)
        False
        >>> Intervalle(5,12) == Intervalle(5,12)
        True
        >>> Intervalle(5,3) == Intervalle(7,2)
        True
        """
        if self.est_vide() and inter.est_vide():
            return True

        if self.a == inter.a and self.b == inter.b:
            return True

        return False


    def __le__(self, inter):
        """Est ce que l'intervalle est inclu
        dans l'intervalle inter?

        Args:
            inter (Intervalle): Intervalle [a,b]

        Returns:
            bool: True ssi l'intervalle est inclus dans inter

        Exemples:
        >>> Intervalle(4,10) <= Intervalle(5,12)
        False
        >>> Intervalle(5,12) <= Intervalle(4,10)
        False
        >>> Intervalle(6,10) <= Intervalle(5,12)
        True
        """
        if self.est_vide():
            return True

        return self.a >= inter.a and self.b <= inter.b


    def intersection(self, inter):
        """Intersection avec l'intervalle inter.

        Args:
            inter (Intervalle)
```



```
        Returns:
            Intervalle: égal à l'intersection de self
            avec inter.

        Exemples:
        >>> Intervalle(4,6).intersection(Intervalle(5,10)) == Intervalle(5,6)
        True
        """
        if self.est_vide():
            return self

        if inter.est_vide():
            return inter

        tmp_a = max(self.a, inter.a)
        tmp_b = min(self.b, inter.b)

        return Intervalle( tmp_a, tmp_b )


    def reunion(self, inter):
        """Réunion avec l'intervalle inter. Si la réunion
        n'est pas un intervalle, renvoie le plus petit
        des deux intervalles.

        Args:
            inter (Intervalle)

        Returns:
            Intervalle: réunion avec inter

        Exemples :
        >>> Intervalle(4,6).reunion(Intervalle(9,10)) == Intervalle(9,10)
        True
        >>> Intervalle(4,6).reunion(Intervalle(5,8)) == Intervalle(4,8)
        True
        """
        if self.est_vide():
            return inter
        if inter.est_vide():
            return self

        intersec = self.intersection(inter)
        if intersec.est_vide():
            if len(self) <= len(inter):
                return self
            else:
                return inter

        tmp_a = min(self.a, inter.a)
        tmp_b = max(self.b, inter.b)

        return Intervalle(tmp_a, tmp_b)


testmod()
```