Objectifs et savoir-faire

- *Suites réelles*
  - Exprimer en fonction de n une suite arithmétique, géométrique, arithmético-géométrique ou donnée par une relation de récurrence linéaire d'ordre 2.
  - Étudier des propriétés globales d'une suite (monotonie, caractère borné).
  - Justifier la convergence ou la divergence d'une suite.
  - Calculer des limites (par opérations ou par théorème d'encadrement).
  - Maîtriser la notion de suites adjacentes, faire le lien avec la convergence.

▸ **Note aux colleurs :**

- le lemme de Cesaro n'a pas été vu (et n'est pas au programme) ;
- le fait qu'une suite $(u_n)_{n\in\mathbb{N}}$ converge vers ℓ si et seulement si les deux suites $(u_{2n})_{n\in\mathbb{N}}$ et $(u_{2n+1})_{n\in\mathbb{N}}$ convergent toutes deux vers ℓ est au programme ; pour les autres sous-suites, on a vu en exercice que si $(u_n)_{n\in\mathbb{N}}$ converge vers ℓ alors $(u_{\varphi(n)})_{n\in\mathbb{N}}$ converge également vers ℓ.

▸ **Les exercices suivants sont à savoir refaire sans hésitation :**

1. Étudier la convergence des suites données par :

$$u_n = \frac{\sin(n^2)}{n}\ ,\ v_n = \frac{2n+(-1)^n}{5n+(-1)^{n+1}} \text{ et } w_n = \sqrt{n+\cos(n)} - \sqrt{n}.$$

2. Déterminer les limites des suites u et v données par :

$$u_n = \sum_{k=1}^{n} \frac{n}{n^2+k} \quad \text{et} \quad v_n = \prod_{k=1}^{2n-1} \left(2 - \frac{k}{2n}\right).$$

3. Soit $x \in \mathbb{R}$ fixé. Déterminer la limite de la suite u donnée par :

$$u_n = \frac{1}{n^2} \sum_{k=1}^{n} \lfloor kx \rfloor.$$

4. Justifier de trois façons (étude de fonction, inégalité $\ln(1+x) \leqslant x$ et argument de nature géométrique) que, pour tout entier $n \geqslant 1$, on a :

$$\frac{1}{n+1} \leqslant \ln(n+1) - \ln(n) \leqslant \frac{1}{n}.$$

Pour la méthode avec étude de fonction, on pourra ne détailler que l'une des deux inégalités.

5. Pour tout entier $n \geqslant 1$, on pose : $v_n = \sum_{k=1}^{n} \frac{1}{k} - \ln(n)$ et $w_n = v_n - \ln\left(1 + \frac{1}{n}\right)$.

a. Montrer que les deux suites (v_n) et (w_n) sont adjacentes.

b. Montrer que la limite commune de (v_n) et (w_n) appartient à $]0,1[$.

On utilisera le résultat de la question de cours ***4****.*

6. Montrer de deux façons (en utilisant le résultat de la question de cours **5** et, par sommation, à partir des inégalités de la question de cours **4**) que :

$$\frac{\sum_{k=1}^{n} \frac{1}{k}}{\ln(n)} \xrightarrow[n\to+\infty]{} 1.$$

7. Pour tout entier $n \geqslant 2$, on considère la fonction :

$$f_n : \begin{array}{ccl} [0,1] & \longrightarrow & \mathbb{R} \\ x & \longmapsto & x + x^2 + x^3 + \cdots + x^n - 1 \end{array}.$$

a. Soit $n \geqslant 2$. Étudier les variations de la fonction f_n et en déduire qu'il existe un unique réel $x_n \in]0,1[$ tel que $f_n(x_n) = 0$.

b. En comparant $f_{n+1}(x_{n+1})$ et $f_{n+1}(x_n)$, montrer que la suite $(x_n)_{n\geqslant 2}$ est strictement décroissante.

c. En déduire que la suite (x_n) est convergente.

8. Pour tout entier $n \geqslant 1$, on note $\mathrm{S}_n = \sum_{k=1}^{n} \frac{(-1)^{k+1}}{k}$.

En considérant les suites $(\mathrm{S}_{2n})_{n\in\mathbb{N}}$ et $(\mathrm{S}_{2n+1})_{n\in\mathbb{N}}$, montrer que la suite $(\mathrm{S}_n)_{n\in\mathbb{N}}$ converge.