المتتاليات العددية

حلـــول مقترحة

تمرين 1

$\begin{cases} u_0 = 2 \\ u_{n+1} = \frac{2}{5} u_n + 1 \end{cases}$	$u_1 = \frac{2}{5} u_0 + 1$ $u_1 = \frac{4}{5} + 1 = \frac{9}{5}$	$u_2 = \frac{2}{5} u_1 + 1$ $u_2 = \frac{18}{25} + 1 = \frac{43}{25}$	$u_3 = \frac{2}{5} u_2 + 1$ $u_3 = \frac{86}{125} + 1 = \frac{211}{125}$

تمرين 2

$\begin{cases} u_0 = 1 \\ u_{n+1} = 1 + \frac{1}{u_n} \end{cases}$	$u_1 = 1 + \frac{1}{u_0}$ $u_1 = 1 + 1 = 2$	$u_2 = 1 + \frac{1}{u_1}$ $u_2 = 1 + \frac{1}{2} = \frac{3}{2}$	$u_3 = 1 + \frac{1}{u_2}$ $u_3 = 1 + \frac{2}{3} = \frac{5}{3}$

لاحظ أن حساب u_3 **يرجع إلى حساب** u_2 **و** u_1 **و** u_0 **بالضرورة ، و لذلك تسمى مثل هذه المتتاليات بالترجعية.**

تمرين 3

1

$u_0 = 4$	$u_1 = 2u_0 - 1$ $u_1 = 8 - 1 = 7$	$u_2 = 2u_1 - 1$ $u_2 = 14 - 1 = 13$	$u_3 = 2u_2 - 1$ $u_3 = 26 - 1 = 25$
$v_0 = 3 \times 2^0 + 1$ $v_0 = 3 + 1 = 4$	$v_1 = 3 \times 2^1 + 1$ $v_0 = 6 + 1 = 7$	$v_2 = 3 \times 2^2 + 1$ $v_2 = 12 + 1 = 13$	$v_3 = 3 \times 2^3 + 1$ $v_3 = 24 + 1 = 25$

2

لنبين بالترجع أن : $u_n = 3 \times 2^n + 1 \quad \forall\, n \in IN$

بالنسبة لـ $n = 0$ **، لدينا :** $u_0 = 4$ **و** $3 \times 2^0 + 1 = 3 + 1 = 4$ **منه :** $u_0 = 3 \times 2^0 + 1$

نفترض أن : $u_n = 3 \times 2^n + 1$ **و نبين أن :** $u_{n+1} = 3 \times 2^{n+1} + 1$

لدينا : $u_{n+1} = 2u_n - 1 = 2(3 \times 2^n + 1) - 1 = 2 \times 3 \times 2^n + 2 - 1 = 3 \times 2^{n+1} + 1$

لاحظ أن نتيجة السؤال الأخير تعني أننا نستطيع إيجاد تعبير مباشر لبعض المتتاليات الترجعية ، مما يسمح بحساب حدودها دون ضرورة حساب الحدود التي تسبقها .

تمرين 4

1

$\begin{cases} u_0 = 5 \\ u_{n+1} = 3u_n - 4 \end{cases}$	$u_1 = 3u_0 - 4$ $u_1 = 15 - 4 = 11$	$u_2 = 3u_1 - 4$ $u_2 = 33 - 4 = 29$	$u_3 = 3u_2 - 4$ $u_3 = 87 - 4 = 83$

2

لنبين بالترجع أن $u_n > 2 \quad \forall\, n \in IN$

بالنسبة لـ $n = 0$ **، لدينا :** $u_0 = 5$ **منه :** $u_0 > 2$

نفترض أن : $u_n > 2$ **و نبين أن :** $u_{n+1} > 2$

لدينا : $u_n > 2 \Rightarrow 3u_n > 6 \Rightarrow 3u_n - 4 > 6 - 4 \Rightarrow u_{n+1} > 2$

3

لدينا : $u_{n+1} - u_n = 3u_n - 4 - u_n = 2u_n - 4 = 2(u_n - 2) > 0 \quad \forall\, n \in IN$ **، إذن** (u_n) **تزايدية**

لاحظ أننا استعملنا السؤال الثاني لدراسة رتابة المتتالية و هذا الأمر يكون ضروريا في أغلب المتتاليات.

تمرين 5

1	$\begin{cases} u_0 = 3 \\ u_{n+1} = \dfrac{1}{2}\left(u_n + \dfrac{4}{u_n}\right) \end{cases}$
2	لنبين بالترجح أن $u_n \geq 2$ $\quad \forall n \in IN$ بالنسبة لـ $n = 0$ ، لدينا : $u_0 = 3$ منه : $u_0 \geq 2$ نفترض أن : $u_n \geq 2$ و نبين أن : $u_{n+1} \geq 2$ لدينا : $u_{n+1} - u_n = \dfrac{1}{2}\left(u_n + \dfrac{4}{u_n}\right) - u_n = \dfrac{u_n^2 + 4}{2\,u_n} - u_n = \dfrac{u_n^2 + 4 - 2\,u_n^2}{2\,u_n} = \dfrac{4 - u_n^2}{2\,u_n} = \dfrac{(2 + u_n)(2 - u_n)}{2\,u_n}$ و بما أن $u_n \geq 2$ (حسب الافتراض) فإن $2 - u_n \leq 0$ و $2 + u_n > 0$ و $2\,u_n > 0$ و منه : $u_{n+1} - u_n \leq 0$ و بالتالي : (u_n) تناقصية
	: لاحظ أننا استعملنا طريقة مغايرة للطريقة السابقة ، لأن التأطير المباشر لا يؤدي للنتيجة المطلوبة.

تمرين 6

1		$\begin{cases} u_0 = 4 \\ u_{n+1} = \dfrac{2\,u_n^2 - 3}{u_n + 2} \end{cases}$
	أ	لدينا $\forall n \in IN \quad u_{n+1} - 3 = \dfrac{2\,u_n^2 - 3}{u_n + 2} - 3 = \dfrac{2\,u_n^2 - 3 - 3(u_n + 2)}{u_n + 2} = \dfrac{2\,u_n^2 - 3 - 3\,u_n - 6}{u_n + 2} = \dfrac{2\,u_n^2 - 3\,u_n - 9}{u_n + 2}$ و بما أن : $\forall n \in IN \quad (u_n - 3)(2u_n + 3) = 2\,u_n^2 + 3\,u_n - 6\,u_n - 9 = 2\,u_n^2 - 3\,u_n - 9$ فإن : $\boxed{\forall n \in IN \quad u_{n+1} - 3 = \dfrac{(u_n - 3)(2u_n + 3)}{u_n + 2}}$
	ب	لنبين بالترجح أن $u_n \geq 3$ $\quad \forall n \in IN$ بالنسبة لـ $n = 0$ ، لدينا : $u_0 = 4$ منه : $u_0 \geq 3$ نفترض أن : $u_n \geq 3$ و نبين أن : $u_{n+1} \geq 3$ و بما أن $u_n \geq 3$ (حسب الافتراض) فإن $u_n - 3 \geq 0$ و $2\,u_n + 3 > 0$ و $u_n + 2 > 0$ إذن حسب السؤال السابق $u_{n+1} - 3 \geq 0$ و بالتالي : و منه : $u_{n+1} \geq 3$
2	أ	لدينا $\forall n \in IN \quad u_{n+1} - u_n = \dfrac{2\,u_n^2 - 3}{u_n + 2} - u_n = \dfrac{2\,u_n^2 - 3 - u_n(u_n + 2)}{u_n + 2} = \dfrac{2\,u_n^2 - 3 - u_n^2 - 2u_n}{u_n + 2} = \dfrac{u_n^2 - 2\,u_n - 3}{u_n + 2}$ و بما أن : $\forall n \in IN \quad (u_n - 3)(u_n + 1) = u_n^2 + u_n - 3\,u_n - 3 = u_n^2 - 2\,u_n - 3$ فإن : $\boxed{\forall n \in IN \quad u_{n+1} - u_n = \dfrac{(u_n - 3)(u_n + 1)}{u_n + 2}}$
	ب	بما أن $u_n \geq 3$ فإن : $u_n - 3 \geq 0$ و $u_n + 1 > 0$ و $u_n + 2 > 0$ و منه $u_{n+1} - u_n \geq 0$ و بالتالي : (u_n) تزايدية
		: لاحظ تقنية استعمال الفرق جد مهمة، لكن يمكن البرهان مباشرة في بعض الحالات كما هو الشأن في التمرين 4

تمرين 7

$$\begin{cases} u_0 = 1 \\ u_{n+1} = \sqrt{2u_n + 8} \end{cases}$$

لنبين بالترجع أن $u_n \leq 4 \quad \forall n \in IN$

بالنسبة لـ $n = 0$ ، لدينا : $u_0 = 1$ منه : $u_0 \leq 4$

نفترض أن : $u_n \leq 4$ و نبين أن : $u_{n+1} \leq 4$

لدينا : $u_n \leq 4 \Rightarrow 2u_n \leq 8 \Rightarrow 2u_n + 8 \leq 16 \Rightarrow 2u_n + 8 \leq \sqrt{16} \Rightarrow u_{n+1} \leq 4$

: يمكن أيضا استعمال تقنية الفرق، لكن يجب استعمال المرافق، كما يلي:

$$u_{n+1} - 4 = \sqrt{2u_n + 8} - 4 = \frac{2u_n + 8 - 16}{\sqrt{2u_n + 8} + 4} = \frac{2(u_n - 4)}{\sqrt{2u_n + 8} + 4} \leq 0$$

تمرين 8

لندرس رتابة المتتاليات التالية

$\forall n \in IN \; u_n = \dfrac{2n}{n+1}$ ، لدينا لكل $n \in IN$

$$u_{n+1} - u_n = \frac{2(n+1)}{n+2} - \frac{2n}{n+1} = 2\left(\frac{n+1}{n+2} - \frac{n}{n+1}\right) = 2\frac{(n+1)^2 - n(n+2)}{(n+1)(n+2)} = 2\frac{n^2 + 2n + 1 - n^2 - 2n}{(n+1)(n+2)}$$

$$= 2\frac{1}{(n+1)(n+2)} > 0$$

إذن $\boxed{(u_n)}$ تزايدية

$\forall n \in IN^* \; v_n = 1 + \dfrac{1}{2} + \ldots + \dfrac{1}{n}$ ، لدينا لكل $n \in IN^*$

$$v_{n+1} - v_n = \left(1 + \frac{1}{2} + \ldots + \frac{1}{n} + \frac{1}{n+1}\right) - \left(1 + \frac{1}{2} + \ldots + \frac{1}{n}\right) = \frac{1}{n+1} > 0$$

إذن (v_n) تزايدية

$\forall n \in IN \; w_n = \dfrac{n+1}{3^n}$ ، لدينا لكل $n \in IN$

$$w_{n+1} - w_n = \frac{n+2}{3^{n+1}} - \frac{n+1}{3^n} = \frac{n+2 - 3(n+1)}{3^{n+1}} = \frac{n+2-3n-3}{3^{n+1}} = \frac{-2n-1}{3^{n+1}} < 0$$

إذن (w_n) تناقصية

$\forall n \in IN^* \; w_n = n^3 - n$ ، لدينا لكل $n \in IN^*$

$$w_{n+1} - w_n = (n+1)^3 - (n+1) - (n^3 - n) = n^3 + 3n^2 + 3n + 1 - n - 1 - n^3 + n = 3n^2 + 3n > 0$$

إذن (w_n) تزايدية

$\begin{cases} u_0 = 3 \\ u_{n+1} = u_n^2 - u_n + 1 \end{cases}$ ، لدينا لكل $n \in IN$ ، $u_{n+1} - u_n = u_n^2 - u_n + 1 - u_n = u_n^2 - 2u_n + 1 = (u_n - 1)^2 \geq 0$

إذن (u_n) تزايدية

تمرين 9

(u_n) متتالية حسابية حدها الأول $u_0 = 2$ و أساسها $r = 3$

1 لدينا : $\boxed{u_7 = u_0 + 7r = 2 + 21 = 23}$ و $\boxed{u_{11} = u_0 + 11r = 2 + 33 = 35}$

2 $\boxed{S = u_0 + u_1 + \dots + u_{99} = \frac{u_0 + u_{99}}{2} \times 100 = 100 \times \frac{2 + u_0 + 99r}{2} = 50(2 + 2 + 297) = 50 \times 301 = 15050}$

: 100 تمثل عدد الحدود $(99 - 0 + 1 = 100)$

تمرين 10

(u_n) متتالية حسابية حدها الأول $u_0 = -1$.

1 نعلم أن : $u_{10} = u_0 + 10r$ منه : $u_{10} - u_0 = 10r$ منه : $\boxed{r = \frac{u_{10} - u_0}{10} = \frac{59 - (-1)}{10} = \frac{60}{10} = 6}$

2 $\boxed{S = u_3 + u_4 + \dots + u_{22} = \frac{u_3 + u_{22}}{2} \times 20 = 20 \times \frac{u_0 + 3r + u_0 + 22r}{2} = 10(-1 + 18 - 1 + 132) = 10 \times 148 = 1480}$

: 20 تمثل عدد الحدود $(22 - 3 + 1 = 20)$

تمرين 11

(u_n) متتالية حسابية حدها الأول u_0 و أساسها r

1 نعلم أن : $u_3 = u_0 + 3r$ منه : $u_0 + 3r = 12$

و نعلم أن : $u_{17} = u_0 + 17r$ منه : $u_0 + 17r = 82$

نحصل على النظمة :

$$\begin{cases} u_0 + 3r = 12 \\ u_0 + 17r = 82 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} u_0 = 12 - 3r \\ 12 - 3r + 17r = 82 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} u_0 = 12 - 3r \\ 14r = 82 - 12 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} u_0 = 12 - 3 \times 5 \\ r = \frac{70}{14} = 5 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} u_0 = -3 \\ r = 5 \end{cases}$$

2 $\boxed{S = u_0 + u_4 + \dots + u_n = \frac{u_0 + u_n}{2} \times (n+1) = (n+1) \times \frac{u_0 + u_0 + rn}{2} = (n+1) \times \frac{-3 - 3 + 5n}{2} = \frac{(n+1)(5n-6)}{2}}$

: n+1 تمثل عدد الحدود $(n - 0 + 1 = n + 1)$

تمرين 12

(u_n) متتالية هندسية حدها الأول $u_0 = 3$ و أساسها $r = 2$

1 لدينا : $\boxed{u_3 = u_0 \times r^3 = 3 \times 2^3 = 3 \times 8 = 24}$ و $\boxed{u_6 = u_0 \times r^6 = 3 \times 2^6 = 3 \times 64 = 192}$

2 $\boxed{S = u_0 + u_1 + \dots + u_5 = u_0 \times \frac{1 - r^6}{1 - r} = 3 \times \frac{1 - 2^6}{1 - 2} = 3 \times \frac{1 - 64}{-1} = 3 \times 63 = 189}$

: u_0 تمثل أول حدود المجموع S و 6 تمثل عدد الحدود $(5 - 0 + 1 = 6)$

تمرين 13

(u_n) هندسية أساسها $r=\frac{1}{2}$

1 لدينا : $u_3 = u_0 \times r^3$ منه $\boxed{u_0 = \frac{u_3}{r^3} = \frac{\frac{5}{8}}{\left(\frac{1}{2}\right)^3} = \frac{\frac{5}{8}}{\frac{1}{8}} = 5}$

2 $$\boxed{S = u_1 + u_2 + \ldots + u_n = u_1 \times \frac{1-r^n}{1-r} = \left(u_0 \times r^1\right) \times \frac{1-\left(\frac{1}{2}\right)^n}{1-\frac{1}{2}} = 5 \times \frac{1}{2} \times \frac{1-\frac{1}{2^n}}{\frac{1}{2}} = 5\left(1-\frac{1}{2^n}\right)}$$

: u_1 تمثل أول حدود المجموع S و n عدد الحدود $(n-1+1=n)$

تمرين 14

$\begin{cases} u_0 = -1 \\ u_{n+1} = \dfrac{9}{6-u_n} \end{cases}$ و $v_n = \dfrac{1}{u_n - 3}$

1 لدينا :

$$v_{n+1} - v_n = \frac{1}{u_{n+1}-3} - \frac{1}{u_n-3} = \frac{1}{\frac{9}{6-u_n}-3} - \frac{1}{u_n-3} = \frac{1}{\frac{9-3(6-u_n)}{6-u_n}} - \frac{1}{u_n-3}$$

$$= \frac{6-u_n}{9-18+3u_n} - \frac{1}{u_n-3} = \frac{6-u_n}{3(-3+u_n)} - \frac{3}{3(u_n-3)} = \frac{6-u_n-3}{3(u_n-3)} = \frac{3-u_n}{3(u_n-3)} = \frac{1}{3}$$

بالتالي (v_n) متتالية حسابية أساسها $r=\frac{1}{3}$ و حدها الأول $v_0 = \frac{1}{u_0-3} = \frac{1}{-4} = \frac{-1}{4}$

2 $$\boxed{v_n = v_0 + rn = \frac{-1}{4} + \frac{1}{3}n = \frac{4n-3}{12}}$$

3 لدينا: $v_n = \frac{1}{u_n-3}$ منه : $u_n - 3 = \frac{1}{v_n}$ منه : $\boxed{u_n = \frac{1}{v_n} + 3 = \frac{12}{4n-3} + 3 = \frac{12+12n-9}{4n-3} = \frac{12n+3}{4n-3}}$

4 $$\boxed{S = v_0 + v_2 + \ldots + v_6 = \frac{v_0 + v_6}{2} \times 7 = \frac{\frac{-1}{4} + \frac{4\times 6-3}{12}}{2} \times 7 = \frac{\frac{-3+24-3}{12}}{2} \times 7 = \frac{18}{24} \times 7 = \frac{3}{4} \times 7 = \frac{21}{4}}$$

تمرين 15

$$\begin{cases} u_0 = 2 \\ u_{n+1} = \frac{2}{5}u_n + 1 \quad n \geq 0 \end{cases} \quad \text{و} \quad v_n = u_n - \frac{5}{3}$$

1 لدينا : $v_{n+1} = u_{n+1} - \frac{5}{3} = \frac{2}{5}u_n + 1 - \frac{5}{3} = \frac{2}{5}u_n - \frac{2}{3} = \frac{2}{5}\left(v_n + \frac{5}{3}\right) - \frac{2}{3} = \frac{2}{5}v_n + \frac{2}{3} - \frac{2}{3} = \frac{2}{5}v_n$

إذن (v_n) متتالية هندسية أساسها $q = \frac{2}{5}$ و حدها الأول $v_0 = u_0 - \frac{5}{3} = 2 - \frac{5}{3} = \frac{1}{3}$

2

$$\boxed{v_n = v_0 \times q^n = \frac{1}{3}\left(\frac{2}{5}\right)^n}$$

و لدينا : $v_n = u_n - \frac{5}{3}$ منه : $\boxed{u_n = v_n + \frac{5}{3} = \frac{1}{3}\left(\frac{2}{5}\right)^n + \frac{5}{3}}$

3

$$\boxed{S = v_0 + v_1 + \ldots + v_{n-1} = v_0 \times \frac{1-q^n}{1-q} = \frac{1}{3} \times \frac{1-\left(\frac{2}{5}\right)^n}{1-\frac{2}{5}} = \frac{1}{3}\,\frac{1-\left(\frac{2}{5}\right)^n}{\frac{3}{5}} = \frac{5}{9}\left(1-\left(\frac{2}{5}\right)^n\right)}$$

تمرين 16

$$\begin{cases} u_0 = 1 \,,\, u_1 = 4 \\ u_{n+2} = \frac{3}{2}u_{n+1} - \frac{1}{2}u_n \end{cases} \quad \text{و} \quad v_n = u_{n+1} - u_n$$

1

$u_2 = \frac{3}{2}u_1 - \frac{1}{2}u_0 = \frac{12}{2} - \frac{1}{2} = \frac{11}{2}$	$u_3 = \frac{3}{2}u_2 - \frac{1}{2}u_1 = \frac{33}{4} - \frac{4}{2} = \frac{25}{4}$	$v_0 = u_1 - u_0 = 4 - 1 = 3$	$v_1 = u_2 - u_1 = \frac{11}{2} - 4 = \frac{3}{2}$

2

$$\boxed{v_{n+1} = u_{n+2} - u_{n+1} = \frac{3}{2}u_{n+1} - \frac{1}{2}u_n - u_{n+1} = \frac{1}{2}u_{n+1} - \frac{1}{2}u_n = \frac{1}{2}(u_{n+1} - u_n) = \frac{1}{2}v_n}$$

إذن (v_n) متتالية هندسية أساسها $q = \frac{1}{2}$ و حدها الأول $v_0 = 3$

3 لدينا $v_0 + v_1 + \ldots + v_{n-1} = (u_1 - u_0) + (u_2 - u_1) + \ldots + (u_n - u_{n-1}) = -u_0 + u_n = u_n - u_0$

4 لدينا حسب السؤال السابق : $u_n - u_0 = v_0 + v_1 + \ldots + v_{u-1} = v_0 \times \frac{1-q^n}{1-q} = 3\frac{1-\frac{1}{2^n}}{1-\frac{1}{2}} = 6\left(1 - \frac{1}{2^n}\right)$

إذن : $\boxed{u_n = 6\left(1 - \frac{1}{2^n}\right) + u_0 = 6 - \frac{6}{2^n} + 1 = 7 - \frac{6}{2^n}}$

: يمكنك التحقق من صحة النتيجة بتعويض n بالقيم 0 و 1 و 2 و 3 و مقارنتها بنتائج السؤال الأول

تمرين 17

$$\begin{cases} u_0 = 1 \ , \ v_0 = 7 \\ u_{n+1} = \dfrac{2u_n + v_n}{3} \ ; \ v_{n+1} = \dfrac{u_n + v_n}{2} \end{cases}$$

1	$u_1 = \dfrac{2u_0 + v_0}{3} = \dfrac{2+7}{3} = 3$	$v_1 = \dfrac{u_0 + v_0}{2} = \dfrac{1+7}{2} = 4$	$u_2 = \dfrac{2u_1 + v_1}{3} = \dfrac{6+4}{3} = \dfrac{10}{3}$	$v_2 = \dfrac{u_1 + v_1}{2} = \dfrac{3+4}{2} = \dfrac{7}{2}$

2

$$\boxed{v_{n+1} = u_{n+2} - u_{n+1} = \frac{3}{2}u_{n+1} - \frac{1}{2}u_n - u_{n+1} = \frac{1}{2}u_{n+1} - \frac{1}{2}u_n = \frac{1}{2}(u_{n+1} - u_n) = \frac{1}{2}v_n}$$

إذن (v_n) متتالية هندسية أساسها $q = \frac{1}{2}$ و حدها الأول $v_0 = 3$

3

لدينا $v_0 + v_1 + \ldots + v_{n-1} = (u_1 - u_0) + (u_2 - u_1) + \ldots + (u_n - u_{n-1}) = -u_0 + u_n = u_n - u_0$

4

لدينا حسب السؤال السابق : $u_n - u_0 = v_0 + v_1 + \ldots + v_{u-1} = v_0 \times \dfrac{1-q^n}{1-q} = 3\dfrac{1-\frac{1}{2^n}}{1-\frac{1}{2}} = 6\left(1 - \dfrac{1}{2^n}\right)$

إذن : $\boxed{u_n = 6\left(1 - \dfrac{1}{2^n}\right) + u_0 = 6 - \dfrac{6}{2^n} + 1 = 7 - \dfrac{6}{2^n}}$

: يمكنك التحقق من صحة النتيجة بتعويض n بالقيم 0 و 1 و 2 و 3 و مقارنتها بنتائج السؤال الأول

تمرين 18

$$\begin{cases} u_0 = 1 \ , \ v_0 = 2 \\ u_{n+1} = \dfrac{u_n + 2v_n}{3} \ ; \ v_{n+1} = \dfrac{u_n + 4v_n}{5} \end{cases}$$

1

لدينا :

$$w_{n+1} = v_{n+1} - u_{n+1} = \frac{u_n + 4v_n}{5} - \frac{u_n + 2v_n}{3} = \frac{3u_n + 12v_n - 5u_n - 10v_n}{15} = \frac{2v_n - 2u_n}{15} = \frac{2(v_n - u_n)}{15} = \frac{2}{15}w_{n+1}$$

إذن (w_n) متتالية هندسية أساسها $\boxed{q = \frac{2}{5}}$ و حدها الأول $\boxed{w_0 = v_0 - u_0 = 2 - 1 = 1}$

منه : $\boxed{\forall n \in IN \quad w_n = w_0 \times q^n = \left(\frac{2}{5}\right)^n}$

2

لدينا : $t_{n+1} = 3u_{n+1} + 10v_{n+1} = u_n + 2v_n + 2(u_n + 4v_n) = u_n + 2v_n + 2u_n + 8v_n = 3u_n + 10v_n = t_n$

إذن (w_n) متتالية ثابتة، منه : $\boxed{\forall n \in IN \quad t_n = t_0 = 3u_0 + 10v_0 = 3 + 20 = 23}$

3

لدينا حسب ما سبق : $\begin{cases} v_n - u_n = w_n \\ 3u_n + 10v_n = t_n \end{cases}$ منه : $\begin{cases} v_n = w_n + u_n \\ 3u_n + 10(w_n + u_n) = t_n \end{cases}$ منه : $\begin{cases} v_n = w_n + u_n \\ 3u_n + 10w_n + 10u_n = t_n \end{cases}$

منه : $\begin{cases} v_n = w_n + u_n \\ 13u_n = t_n - 10w_n \end{cases}$ منه : $\begin{cases} v_n = w_n + \dfrac{t_n - 10w_n}{13} \\ u_n = \dfrac{t_n - 10w_n}{13} \end{cases}$ منه : $\begin{cases} v_n = \dfrac{t_n + 3w_n}{13} \\ u_n = \dfrac{t_n - 10w_n}{13} \end{cases}$

بالتالي :
$$\boxed{\begin{cases} v_n = \dfrac{23+3\left(\dfrac{2}{5}\right)^n}{13} \\ u_n = \dfrac{23-10\left(\dfrac{2}{5}\right)^n}{13} \end{cases}}$$

: لاحظ أن السؤال الأخير يعتمد على حل نظمة من الدرجة الأولى ذات المجهولين u_n و v_n و اعتبار w_n و t_n معلومين لكونهما يتوفران على الصيغة العامة لكل منهما.

تمرين 19

1

نعلم أن : $u_3+u_4+u_5=u_0+3r+u_0+4r+u_0+5r=3u_0+12r$ و $u_6=u_0+6r$

لدينا : $u_3+u_4+u_5=-9$ و $u_6=-7$

إذن نحصل على النظمة : $\begin{cases} u_0+6r=-7 \\ 3u_0+12r=-9 \end{cases}$ منه : $\begin{cases} u_0=-7-6r \\ 3(-7-6r)+12r=-9 \end{cases}$

منه : $\begin{cases} u_0=-7-6r \\ -21-18r+12r=-9 \end{cases}$ منه : $\begin{cases} u_0=-7-6r \\ -6r=-9+21=12 \end{cases}$ منه : $\boxed{\begin{cases} u_0=-7+12=5 \\ r=\dfrac{12}{-6}=-2 \end{cases}}$

2

$$\boxed{\begin{aligned} S&=u_0+u_1+\ldots+u_{100}=\frac{u_0+u_{100}}{2}\times101=101\frac{5+u_0+100r}{2}=101\frac{5+5-200}{2}=101\times\frac{-190}{2} \\ S&=101\times(-95)=-9\,595 \end{aligned}}$$

تمرين 20

1

$$\boxed{S_n=v_0+v_1+\ldots+v_{n-1}=v_0\times\frac{1-r^n}{1-r}=3\times\frac{1-2^n}{1-2}=3\frac{1-2^n}{-1}=3(2^n-1)}$$

2

أ لدينا متتالية هندسية أساسها $r=2$ منه : $v_{n+1}=2v_n$

منه : $w_{n+1}=v_{n+1}^2=(2v_n)^2=4v_n^2=4w_n$ إذن : (w_n) متتالية هندسية أساسها $q=4$

ب لدينا :

$$\boxed{T_n=v_0^2+v_1^2+\ldots+v_{n-1}^2=w_0+w_1+\ldots+w_{n-1}=w_0\frac{1-q^n}{1-q}=v_0^2\frac{1-4^n}{1-4}=9\frac{1-4^n}{-3}=9\frac{4^n-1}{3}=3(4^n-1)}$$

تمرين 21

	$\begin{cases} u_0 = 2 \\ u_{n+1} = \dfrac{u_n}{3n+1} \end{cases}$	
1	$u_1 = \dfrac{u_0}{0+1} = 2$	$u_2 = \dfrac{u_1}{3+1} = \dfrac{2}{4} = \dfrac{1}{2}$
2	بالنسبة لـ $n=0$ ، لدينا : $u_0 = 2 > 0$ نفترض أن $u_n > 0$ لدينا : $n \geq 0$ منه : $3n+1 \geq 1 > 0$ ، إذن $\dfrac{u_n}{3n+1} > 0$ أي $u_{n+1} > 0$ بالتالي : $\boxed{\forall n \in IN \quad u_n > 0}$	
3	لدينا : $u_{n+1} - u_n = \dfrac{u_n}{3n+1} - u_n = u_n\left(\dfrac{1}{3n+1} - 1\right) = u_n \dfrac{1-3n-1}{3n+1} = -\dfrac{3nu_n}{3n+1} \leq 0$ بالتالي (u_n) متتالية تناقصية.	
4 أ	لدينا $\dfrac{1}{4} - \dfrac{u_{n+1}}{u_n} = \dfrac{1}{4} - \dfrac{\frac{u_n}{3n+1}}{u_n} = \dfrac{1}{4} - \dfrac{1}{3n+1} = \dfrac{3n+1-4}{4(3n+1)} = \dfrac{3n-3}{4(3n+1)} = \dfrac{3(n-1)}{4(3n+1)}$ إذن لكل $n \in IN^*$ لدينا $\dfrac{3(n-1)}{4(3n+1)} \geq 0$ و منه $\boxed{\forall n \in IN^* \quad \dfrac{u_{n+1}}{u_n} \leq \dfrac{1}{4}}$	
4 ب	لدينا حسب السؤال السابق : $\dfrac{u_2}{u_1} \leq \dfrac{1}{4}$ و $\dfrac{u_3}{u_2} \leq \dfrac{1}{4}$ و ... و $\dfrac{u_n}{u_{n-1}} \leq \dfrac{1}{4}$ و بضرب هذه المتفاوتات(ذات الأطراف الموجبة) طرفا بطرف نجد أن : $\dfrac{u_2}{u_1} \times \dfrac{u_3}{u_2} \times \ldots \times \dfrac{u_n}{u_{n-1}} \leq \left(\dfrac{1}{4}\right)^{n-1}$ أي : $\dfrac{u_n}{u_1} \leq \left(\dfrac{1}{4}\right)^{n-1}$ منه : $u_n \leq \left(\dfrac{1}{4}\right)^{n-1} u_0$ منه : $u_n \leq \left(\dfrac{1}{4}\right)^{n} \times \left(\dfrac{1}{4}\right)^{-1} \times 2$ منه : $u_n \leq \left(\dfrac{1}{4}\right)^{n} \times 4 \times 2$ بالتالي : $\boxed{\forall n \in IN^* \quad u_n \leq 8\left(\dfrac{1}{4}\right)^{n}}$	

تمرين 22

$$\begin{cases} u_0 = 0 \\ u_{n+1} = u_n^2 + u_n - \dfrac{1}{4} \end{cases}$$

1

بالنسبة لـ $n=0$ ، لدينا : $|u_0| = 0$ منه $|u_0| < \dfrac{1}{2}$

نفترض أن $|u_n| < \dfrac{1}{2}$ و نبين أن $|u_{n+1}| < \dfrac{1}{2}$

لدينا : $$u_{n+1} = u_n^2 + u_n - \frac{1}{4} = u_n^2 + u_n + \frac{1}{4} - \frac{1}{4} - \frac{1}{4} = \left(u_n + \frac{1}{2}\right)^2 - \frac{1}{2}$$

$$|u_n| < \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{-1}{2} < u_n < \frac{1}{2} \Rightarrow 0 < u_n + \frac{1}{2} < 1 \Rightarrow 0 < \left(u_n + \frac{1}{2}\right)^2 < \frac{1}{4}$$

$$\Rightarrow \frac{-1}{2} < \left(u_n + \frac{1}{2}\right)^2 - \frac{1}{2} < \frac{1}{4} - \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{-1}{2} < u_{n+1} < \frac{-1}{4} < \frac{1}{2} \Rightarrow |u_{n+1}| < \frac{1}{2}$$

بالتالي : $\boxed{\forall n \in IN \quad |u_n| < \dfrac{1}{2}}$

2

لدينا : $u_{n+1} - u_n = u_n^2 + u_n - \dfrac{1}{4} - u_n = u_n^2 - \dfrac{1}{4}$ و بما أن $|u_n| < \dfrac{1}{2}$ فإن $u_n^2 < \dfrac{1}{4}$ أي : $u_n^2 - \dfrac{1}{4} < 0$

بالتالي (u_n) متتالية تناقصية.

3

بالنسبة لـ $n=0$ ، لدينا : $\left(u_0 + \dfrac{1}{2}\right)^{2^0} = \left(u_0 + \dfrac{1}{2}\right)^1 = u_0 + \dfrac{1}{2}$

نفترض أن $u_n + \dfrac{1}{2} = \left(u_0 + \dfrac{1}{2}\right)^{2^n}$ و نبين أن: $u_{n+1} + \dfrac{1}{2} = \left(u_0 + \dfrac{1}{2}\right)^{2^{n+1}}$

لدينا :

$$u_{n+1} + \frac{1}{2} = u_n^2 + u_n - \frac{1}{4} + \frac{1}{2} = u_n^2 + u_n + \frac{1}{4} = \left(u_n + \frac{1}{2}\right)^2 = \left(\left(u_0 + \frac{1}{2}\right)^{2^n}\right)^2$$

$$= \left(u_0 + \frac{1}{2}\right)^{2^n \times 2} = \left(u_0 + \frac{1}{2}\right)^{2^{n+1}}$$

بالتالي : $\boxed{\forall n \in IN \quad u_n + \dfrac{1}{2} = \left(u_0 + \dfrac{1}{2}\right)^{2^n}}$