الفصل 1- مكونات السلسلة الزمنية.....9

1. مكونات السلسلة الزمنية..... 10
1-1. تعريف السلسلة الزمنية..... 10
1-2. مكون التوجه trend..... 12
1-3. الموسمية seasonality..... 13
1-4. الدورة cycle..... 15
1-5. المتبقي residuals..... 17
2. تحليل السلسلة الزمنية..... 19
2-1. النموذج الجمعي والنموذج الجدائي..... 19
2-2. تمثيل السلسلة بيانيا في Excel..... 20
2-3. إدخال سلسلة زمنية وتمثيلها وتفكيكها في R..... 21
2-4. تفكيك السلسلة في XLSTAT..... 24
3. خلاصة..... 25
4. سلسلة تمارين..... 28
4-1. التمارين..... 28
4-2. الحلول..... 34
مراجع الفصل 1 34

الفصل 1- مكونات السلسلة الزمنية

مكونات السلسلة الزمنية – تحليل السلسلة الزمنية
خلاصة – تمارين محلولة – المراجع

صورة 1. **مذنب هالي. آخر مرة شوهد فيها من الأرض كانت في 1986.**

توطئة. التنبؤ هو بمثابة الخبز اليومي للمسير ومتخذ القرار عموما، وحتى للإنسان العادي. كل خطة، أو قرار، أو مشروع، أو برنامج هو مبني على توقع لما سيكون، سواء صدق ذلك التوقع أم لا. الأمثال الشائعة حول التنبؤ يمكن أن تملأ كتابا، أفضل منها اثنين: 'التسيير هو التنبؤ'، و'التنبؤ صعب، خاصة عندما يتعلق بالمستقبل'.

قديما استخدم الناس الشعوذة بالأقلام والطير والحصى والنجوم، وغيرها كثير للتنبؤ بما سيكون من حظ للإنسان أو بلوى، لكن علم الغيب عند الله وحده وصدق الشاعر الصحابي لبيد بن ربيعة حين قال:

'لعمرك ما تدري الضوارب بالحصى ... ولا زاجرات الطير ما الله صانع؛

سلوهن إن كذبتموني متى الفتى يذوق المنايا ... أو متى الغيث واقع".

لكن الاسنان إذا كان لا يصل إلى العلم واليقين بالغيب فإنه لا غنى له عن التوقع المبني على الاحتمال، فعليه يبني قراراته لحياته الشخصية وللجماعة والمؤسسة.

في العصور الحديثة طور العلماء طرقا علمية للتوقع مبنية على المشاهدة والبيانات. في سنة 1705 نشر عالم الفلك الإنجليزي 'إدموند هالي' فهرسا بين فيه مدارات عدد من المذنبات. اعتمادا على قانون الجاذبية لصديقه نيوتن، درس هالي هذه المدارات ولاحظ وجود تشابه في ثلاث مدارات وصفت في 1531، 1607 و1682؛ مما سمح له بالاستدلال أنه في الواقع مذنب واحد يظهر كل 76 سنة (مدة دورته حول

الشمس). تأكدت نظرية هالي بعد وفاته (1742) حين ظهر المذنب مرة أخرى في التاريخ الذي توقعه فيه، أي 1758 (الحلايقة، 2021). كان الفلكيون إذن سباقين للتنبؤ بالظواهر الفلكية من البيانات التاريخية للمراصد. انتشر بعد ذلك استخدام بيانات السلاسل الزمنية تدريجيا من قبل علماء المناخ والبيولوجيا ونظرية الإشارة، إلى أن جاء علماء الاقتصاد الذين أعطونا علم "الاقتصاد القياسي" الذي يعتمد في جزئه الأكبر على السلاسل الزمنية والتنبؤ، حيث يتعلق هذا العلم في جزء كبير منه بالتنبؤ بالدورات الاقتصادية وبالمتغيرات الاقتصادية: الدخل، البطالة، التضخم، وغيرها. في عالم التجارة يقدر المسيرون والمستثمرون والمضاربون مسار الأسعار والمبيعات من أجل التخطيط للاستثمار والإنتاج والتسويق والموارد البشرية والمالية وغيرها.

من خلال تحليل مكونات السلسلة الزمنية استطاع العلماء أن يعزلوا التذبذبات العشوائية والحوادث في السلاسل الزمنية لينظروا إلى تأثر متغيرات الاقتصاد والمبيعات بالفصول والمواسم، وحللوا توجه البيانات على المدى المتوسط والبعيد والدورات الاقتصادية بأنواعها... نكتشف في هذا الفصل مفهوم السلسلة الزمنية ومكوناتها، وكيف تتراكم هذه المكونات في شكل جمعي أو جدائي، ونتطرق لكيفية التمثيل البياني للسلسلة باستخدام بعض البرمجيات المعروفة Excel، و R و XLSTAT.

1. تعريف السلسلة الزمنية ومكوناتها

تعريف السلسلة الزمنية

التوجه

الدورة

الموسمية

المتبقي

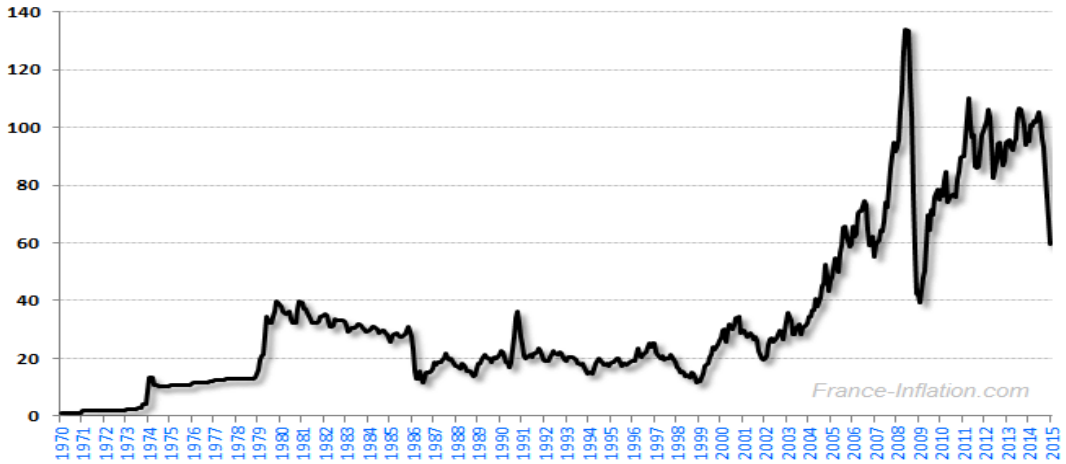
1-1. تعريف السلسلة الزمنية

يمكن تعريف السلسلة الزمنية بأنها مجموعة من القيم لمتغيرة كمية Y_t مسجلة في تواريخ متتالية، غالبا موزعة على فترات متساوية، أي كل سنة أو كل شهر مثلا.

كون الفترات متساوية يسمح بترميز الزمن (السنوات مثلا) بأرقام من 1 إلى n وهذا يسمح بأن نرمز للسلسلة كما يلي: $(y_1, y_2, \ldots, y_n)$، أو نكتب: $\{y_t, t = 1, 2, \ldots, n\}$، أو أيضا $\{y_t\}$.

تمثل السلسلة في رسم بياني يأتي فيه الزمن t في المحور الأفقي والمتغيرة y في المحور العمودي.

مثال1: بيانات شهرية لسعر برميل البترول[1] من 1970 إلى 2015. توجه صاعد.



رسم توضيحي1 . سعر البترول (WTI) بالدولار (المتوسط الشهري) من 1970 إلى 2015

المصدر : www.France-Inflation.com

تكون قيم السلسلة أحيانا مسجلة في لحظات محددة وتسمى المتغيرة في هذه الحالة **متغيرة كثافة:** مثلا مؤشر البورصة عند الإقفال، مستوى السد كل 1 جانفي.

في أحيان أخرى تكون قيم السلسلة هي مجاميع أو متوسطات وتسمى المتغيرة في هذه الحالة **متغيرة تدفق:** مثلا رقم الأعمال السنوي أو الاستهلاك الشهري للعائلات. تنسب مشاهدات متغيرة التدفق عادة لوسط الفترة، مثال (رقم الأعمال ينسب ل 30 جوان من كل سنة، ...) (Droesbeck, 1997).

دراسة السلسلة الزمنية بغرض التنبؤ تمر بعدة مراحل (Agnes, 2019) يتعين على المحلل تعلمها:

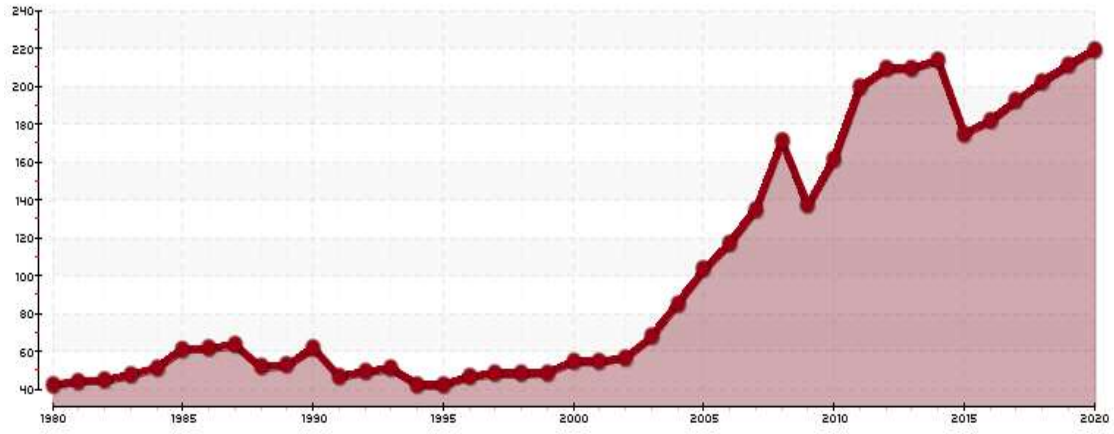
- تنقية وتصحيح البيانات، باستكمال القيم المفقودة أو تعويضها وإزاحة القيم الشاردة والأخطاء ...
- مشاهدة البيانات وتمثيلها بيانيا، وتفقد الاحصائيات الوصفية مثل المتوسط والانحراف المعياري،
- اختيار نموذج للبيانات،
- تحليل مكونات السلسلة،
- تفقد النموذج وتعديله،
- التنبؤ.

[1] www.France-Inflation.com

2-1. مكون التوجه *trend*

كثيرا ما نلاحظ في بيانات السلسلة توجها صاعدا أو نازلا على المدى البعيد. تتضمن بيانات مثل الناتج المحلي أو عدد السكان أو استهلاك الطاقة توجها صاعدا في أغلب البلدان وذلك بسبب النمو الاقتصادي والديمغرافي الذي عرفه العالم في القرنين الماضيين. على العكس من ذلك، نجد متغيرات أخرى تتجه نزولا مثل نسبة عدد السكان في الأرياف، ونسبة العاملين في الزراعة، ونسبة وفيات الأطفال.

مثال 2. الناتج المحلي الخام من 1980 إلى 2020. توجه عام صاعد خاصة منذ 2002.



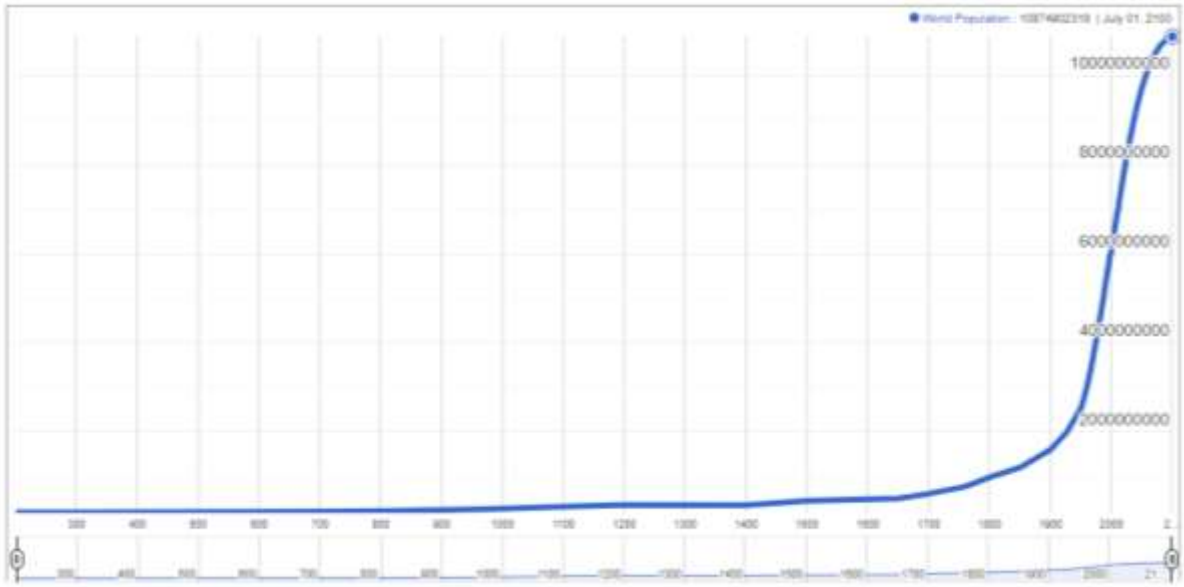
رسم توضيحي 2. تطور الناتج المحلي الخام في الجزائر منذ 1980. الوحدة مليار دولار.

المصدر: بيانات صندوق النقد الدولي

التوجه قد يكون خطيا (خط مستقيم) أو غير خطي، كأن يكون أسيا أو لغرتميا أو متعدد الحدود.

مثال 3. مثال عدد السكان في العالم مع تنبؤ للمدى البعيد حسب إحصائيات للأمم المتحدة[2].

[2] بعض الأرقام المهمة عن عائلتنا: تتوقع الأمم المتحدة أن يستكمل عدد سكان المعمورة 8 ملايير في 2023، ويزيد بمليار آخر في 2037؛ في 2050 سنكون ربما 10 ملايير. يقدر المصدر عدد السكان عند ميلاد المسيح ب 200 إلى 600 مليون، وتطلب الأمر حوالي 1800 سنة ليبلغ 1 مليار نسمة، لكنه بعد ذلك تطور بالسرعة التي نعرفها، حيث نما بمليار آخر في 130 سنة، ثم مليار آخر في 30 سنة ثم المليار الرابع في 15 سنة (1974)، والمليار الخامس في 13 سنة (1987). من 1970 إلى الآن – أي خلال 50 سنة – تضاعف عدد السكان تقريبا، لكن حسب الأمم المتحدة، ونظرا لانخفاض معدل الولادات، فإن عدد السكان سيحتاج إلى 200 سنة هذه المرة ليتضاعف مرة أخرى.



رسم توضيحي 3. عدد السكان في العالم منذ الميلاد مع توقع إلى غاية 2100م. مثال على توجه غير خطي.

المصدر : https://www.worldometers.info/world-population

Elaboration of data by United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Population Prospects: The 2019 Revision.

تطور عدد سكان المعمورة هو مثال على التوجه الأسي: نمو بطيء لفترة طويلة ثم صعود حاد، لكن الأمم المتحدة تتوقع تباطأ في نهاية القرن، بما يعني التحول عن مسار أسي إلى متعدد الحدود.

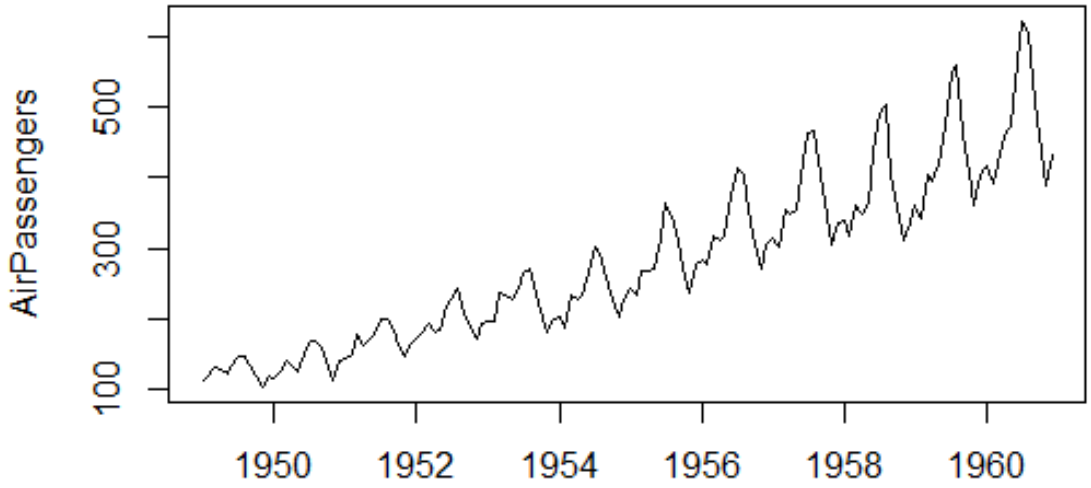
لاحظ.

أحيانا تبدأ السلسلة بدون توجه ثم ينشأ فيها توجه صاعد أو نازل بعد ذلك لسبب من الأسباب، وأحيانا نجد أن التوجه كان موجودا في البداية ثم عادت السلسلة إلى منحى أفقي. وقد يحدث أن يغير التوجه منحاه من صاعد إلى نازل أو العكس. في ما يلي من هذا المقياس نهتم بالتوجه العام للسلسلة، أي التوجه الذي يظهر عند احتساب كل نقاط السلسلة.

3-1. الموسمية *seasonality*

الموسمية هي نمط من الانخفاض والارتفاع يتكرر بانتظام في البيانات في المدى القصير، يعود غالبا لعوامل خارجية. تتضمن الكثير من المتغيرات الاقتصادية وغير الاقتصادية هذا المكون، تأثرا بعادات الناس ونظم المجتمع أو بالمناخ وتعاقب الفصول.

مثال: عدد المسافرين بالآلاف على الخطوط الجوية في مطار أمريكي (سان فرنسيسكو) من 1949 إلى 1960 (Box & Jenkins, 1976).



رسم توضيحي 4. عدد المسافرين بالآلاف على الخطوط الجوية من 1949 إلى 1960. موسمية سنوية وتوجه صاعد.

Source: Box, G.E.P. and Jenkins, G.M. 1976. Time Series Analysis: Forecasting and Control. Holden-Day, San Francisco.

يمكن أن تكون الموسمية مستقرة فنقول أنها مستقلة عن الزمن، ونستخدم لها **نموذجا جمعيا**، ويمكن أن تكون السلسلة تخف أو تزيد حدتها مع مرور الوقت فنقول أنها غير مستقلة ونستخدم **نموذجا جدائيا**. في المثال أعلاه نلاحظ وجود موسمية تزداد حدتها مع مرور الوقت، فهي موسمية غير مستقلة عن الزمن.

مثال آخر: مبيعات المشروبات تزيد في أشهر الحر وتنخفض في أشهر البرودة، ويتكرر هذا النمط في كل سنة. نلاحظ الموسمية أيضا في درجة الحرارة، كمية الأمطار شهريا، استهلاك الطاقة يوميا أو في الساعة، إلخ.

نافذة الموسمية: هي عدد المشاهدات بين بداية ونهاية دورة أو نمط الموسمية. يمكن أن تكون الموسمية سنوية أو شهرية أو أسبوعية أو يومية، إلخ. غالبا نعبر عن نافذة الموسمية برقم يمثل عدد المشاهدات في النمط الواحد. أمثلة:

1- في مثال المسافرين جوا الموسمية سنوية، وبما أن البيانات شهرية فإن نافذة الموسمية هنا هي 12.

2- عدد السيارات في مفترق طرق مركزي كل ساعة يزيد في بداية اليوم، وفي منتصف النهار وفي نهاية يوم العمل، فالموسمية هنا يومية، وإذا كان التسجيل كل ساعة فنافذة الموسمية هي 24.

3- المبيعات اليومية لمطعم قريب من الجامعة؛ سنجد أن المبيعات تنخفض دائما في نهاية الأسبوع إذن الموسمية أسبوعية ونافذتها 7 (البيانات يومية).

4- حجم النشاط اليومي في مكاتب البريد يزيد في نهاية كل الشهر بسبب الطلب على سحب الرواتب. الموسمية هنا إذن شهرية. نافذة الموسمية 26 (الجمعة عطلة).

تتكون السلسلة أحيانا من أكثر من موسمية واحدة. على سبيل المثال، قامت دراسة بتسجيل استهلاك الطاقة الكهربائية كل نصف ساعة لمدة 35 يوما، خلال شهري جوان وجويلية 1991؛ وأظهرت البيانات وجود موسميتين، الأولى نافذتها اليوم، والثانية نافذتها الأسبوع؛ بمعنى أن الاستهلاك له موسمية داخل اليوم، وفي الوقت نفسه ينخفض الاستهلاك في نهاية كل أسبوع (Viano & Philippe, 2004). قد تختلف الموسمية بحسب الفترة بين المشاهدات، فمثلا مبيعات المطعم قد تظهر فيها موسمية أخرى يومية إذا سجلنا للبيانات كل ساعة، إلخ. هناك طرق لحساب نافذة الموسمية ويمكن استخراج نافذة الموسمية باستخدام البرمجيات مثل Excel.

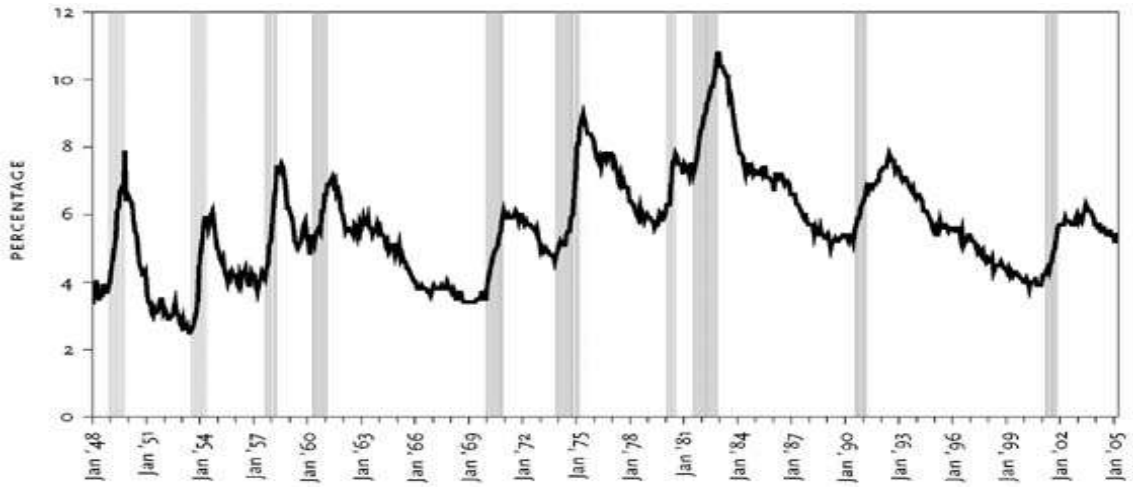
4-1. الدورة *cycle*

الدورة هي نمط من الانخفاض والارتفاع في البيانات له نافذة غير منتظمة يتكرر في المدى البعيد (غالبا سنوات). تشاهد الدورة كثيرا في المتغيرات الاقتصادية بسبب ما يسمى بالدورة الاقتصادية.

تظهر الدورة الاقتصادية في البيانات في شكل موجة (أنظر المثال أدناه)؛ وتسمى الفترة بين قمتين متتاليتين **دورة الاقتصاد أو دورة الأعمال** (business cycle)، وتتمثل في أربع مراحل متتالية: **نمو** (expanssion)**– تباطؤ** decline **– إنكماش** depression **(وأحيانا ركود** recession**) –انتعاش** recovery.

يعرف الاقتصاد في حالة النمو (expansion or boom) نموا مطردا في الدخل وكذلك الأجور وأسعار العقار وتنخفض البطالة. مع الوقت تتراكم سيولة زائدة في الاقتصاد فيظهر التضخم و"فقاعات" هنا وهناك في قطاعات الاقتصاد. تأتي بعد ذلك حالة من التباطؤ في نمو الناتج المحلي وتدهور للثقة لدى العائلات والمستثمرين، فيقل الطلب والاستثمار وترتفع البطالة، وقد يدخل الاقتصاد في انكماش فينخفض الناتج المحلي وتهبط أسعار العقارات. تتدخل الدولة عندها بسياسات مالية ونقدية لدعم الاقتصاد (بالإنفاق العمومي وتخفيض الضرائب وسعر الفائدة...)، سياسات تأتي آثارها تدريجيا فتعود الثقة ويبدأ انتعاش الاقتصاد ثم النمو من جديد وتتجدد الدورة... يدرس المستثمرون الدورات الاقتصادية لتقييم إن كان الوقت مناسبا للاستثمار أم لحماية رأس المال بشراء قيم "آمنة" مثل الذهب وسندات الخزينة.

مثال1. لاحظ الدورة في بيانات البطالة من 1948 إلى 2005 في الاقتصاد الامريكي. في مارس 2019 يكون الاقتصاد الأمريكي قد عرف 11 سنة من النمو المتواصل، لذلك توقع الاقتصاديون حدوث تباطأ قريب، وهو الذي حصل مع أزمة الكوفيد.



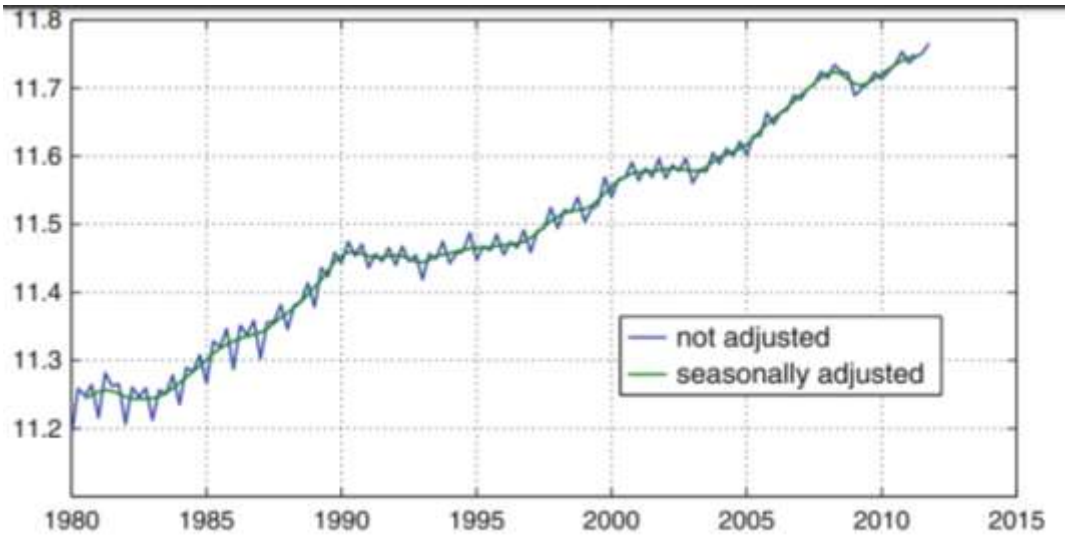
رسم توضيحي 5. بيانات البطالة في الولايات المتحدة من 1948 إلى 2005. الفترات المضللة تمثل فترات انكماش.

Source: Bureau of Labor Statistics, USA.

بينت الاحصائيات وجود عدة دورات بحسب المدة الزمنية. لعل أول من درس الدورة الاقتصادية هو عالم الفيزياء والإحصاء جوقلر (Clément Juglar, 1860) الذي أكد وجود دورة اقتصادية مدتها بين 8 إلى 11 سنة. مع مرور الوقت ظهرت اجتهادات أخرى، مثل دورة كينتشين (3–5 سنوات)، أي خلال فترات الصعود والنزول لدورة جوقلر، وأخرى أطول مدى، وأطولها يصل إلى 60 سنة، لكوزنيتس وكوندراتييف، ودورات أخرى سميت بأسماء أصحابها منها دورات (Joseph Kintchin, Simon Kuznets, Nikolai Kondratiev).

إختلف الاقتصاديون في تفسير ظاهرة الدورة الاقتصادية. حسب الكلاسيكيين الجدد فإن الدورات لا تعود للسوق وتغير الطلب وإنما للتدخل الحكومي والاحتكار أو التذبذب في الإنتاجية والأذواق، بينما تفسر المدرسة الكينزية الدورة بأسباب داخلية للسوق، حيث ترى أنها انعكاس لحالة عدم مرونة السعر (price rigidity) الذي في ظله تأدي عدم مرونة الطلب إلى تذبذب الناتج الحقيقي. حسب هذه المدرسة يمكن للسياسات المالية والنقدية أن تخفف من حدة دورة الاقتصاد والبطالة.

مثال 2. سلسلة تتضمن كل المكونات: موسمية نافذتها 4، توجه صاعد يبينه خط المتوسطات المتحركة، ودورة تتمثل في الدورة الاقتصادية. لاحظ مثلا أثر أزمة الرهن العقاري(2008–2009)



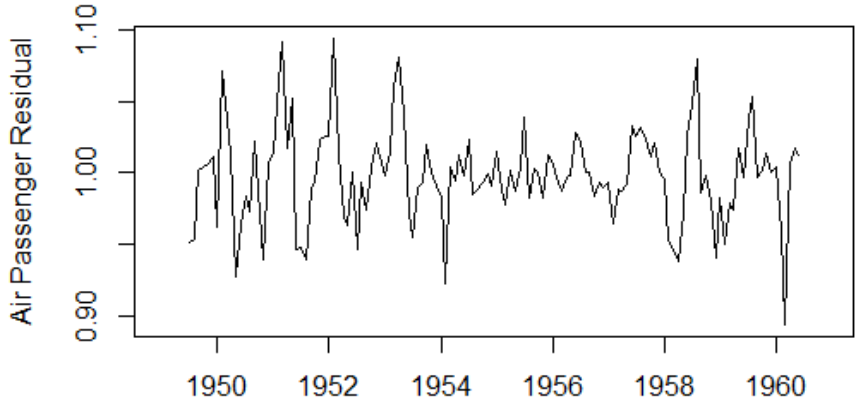
رسم توضيحي 6. الناتج المحلي الخام (GDP) السويسري مع تمهيد الموسمية بطريقة المتوسطات المتحركة.

Source: Klaus Neusse, 2016. Time Series Econometric, Springer Texts in Business and Economics, Switzerland, p:6.

5-1. المتبقي *residuals*

مكون المتبقي هو الذي يبقى عندما نسحب من السلسلة المكونات الأخرى سالفة الذكر. يمثل هذا المكون الجزء الذي لا يمكن التنبؤ به في المتغيرة. يتضمن المتبقي مكونين فرعيين، هما **مكون الحوادث والمكون العشوائي.** مكون الحوادث ينجم عن تأثير أحداث غير متوقعة على السلسلة، مثل إضراب، أو انهيار للبورصة أو أزمة سياسية أو تغيير في الضريبة أو اضطراب جوي ... أما المكون العشوائي فهو حصيلة تضافر عدد هائل من العوامل المتضاربة فلا يمكن تحديده في سبب وحد. يظهر مكون الحوادث بيانيا في شكل حركات حادة ("مسامير" مثلا) ويظهر المكون العشوائي في التذبذبات الصغيرة الأخرى.

مثال. إزاحة التوجه والموسمية من السلسلة لإظهار المتبقي.



رسم توضيحي 7 المتبقي في سلسلة حجم النشاط الجوي. قارن مع رسم 4. (نموذج جدائي).

في الفقرة الموالية (تحليل السلسلة) نتطرق لكيفية عزل المتبقي وتمثيله في رسم بياني ثم تفقد الرسم للتحقق من صحة النموذج المستخدم لتمثيل السلسلة؛ حيث يفترض إذا كان النموذج صحيحا (يعبر جيدا عن كل مكونات السلسلة) أن يأتي المتبقي في تذبذبات عشوائية بحتة.

الفرق بين الدورة والموسمية والتوجه: يصعب أحيانا تمييز الدورات عن التوجه العام أو عن الموسمية. الدورة هي أقل انتظاما من الموسمية، فهي ليست مرتبطة بمعالم زمنية محددة (الفصول، العطل، الأعياد...) وإنما تخضع لعوامل متعددة، مثل حركة الاقتصاد والأزمات التي يتعرض لها. مكون الدورة يلاحظ في بعض الظواهر الاقتصادية وظواهر المناخ وقل ما يلاحظ في ظواهر التسيير.

قد تتضمن سلسلة جميع المكونات التي رأيناها وقد تغيب بعضها. أحيانا يصعب ملاحظة مكون أو أكثر بحسب وفرة البيانات، فقد لا نلاحظ التوجه العام أو الدورة إذا كانت البيانات مقتصرة على فترة زمنية قصيرة، وبالعكس يمكن ألا نلاحظ الموسمية إذا كانت البيانات مسجلة على فترات متباعدة. من أجل ذلك نلجأ أحيانا إلى تجميع البيانات لتفقد التوجه أو الدورة: مثلا تجميع الأشهر للحصول على بيانات ثلاثية أو سنوية، وقد نحتاج إلى تفصيل البيانات (من سنوية إلى شهرية مثلا) لتفقد الموسمية مثلا.

2. تحليل السلسلة الزمنية

النموذج الجمعي والنموذج الجدائي

تمثيل البيانات جدوليا وبيانيا في Excel

تمثيل السلسلة وتفكيكها في R

تفكيك السلسلة في XLSTAT

2-1. النموذج الجمعي والنموذج الجدائي

النماذج المستخدمة لتمثيل السلاسل الزمنية كثيرة، وهي قسمان: تحديدية وعشوائية. النماذج التحديدية (deterministic models) هي نماذج تنتمي للإحصاء الوصفي ولا تتضمن الحساب الاحتمالي إلا بشكل غير مباشر، وميزتها أن مكون الخطأ فيها يمثل متغيرات يرمز لها ب iid: أي مستقلة ولها نفس التوزيع. النماذج العشوائية ميزتها أن متغيرات الخطأ E_t مرتبطة فيما بينها. تنقسم النماذج التحديدية، وهي موضوعنا في هذا المقياس، إلى قسمين: نماذج جمعية ونماذج جدائية.

النماذج الجمعية (additive) **تكون فيها المكونات مستقلة عن بعضها البعض وعن الزمن ولها تباين ثابت**، وتكتب كما يلي:

$$y_t = T_t + C_t + S_t + E_t$$

حيث T للتوجه العام، وب C للدورة، S للموسمية، وE للمتبقي و t هو مؤشر الفترة.

وبما أننا نادرا ما نشاهد الدورة في التسيير، فإننا غالبا ما ندمج T و C في مكون واحد نرمز له ب f ويدعى المكون خارج الموسمية أو المكون الثابت. في هذه الحالة نكتب:

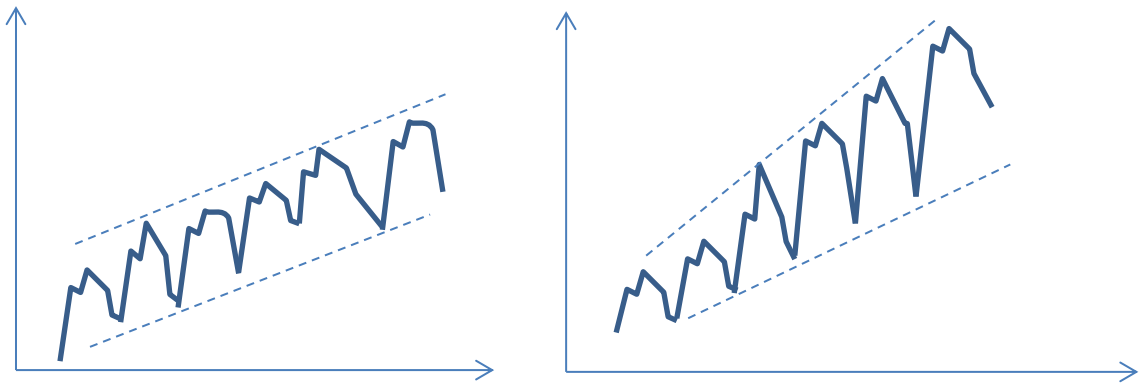
$$y_t = f_t + S_t + E_t$$

النماذج الجدائية (multiplicative) تكون فيها المكونات **غير مستقلة عن بعضها البعض وعن الزمن، أو لها تباين غير ثابت**، ونكتب:

$$y_t = f_t * S_t + E_t$$

ويمكن تحويل النموذج الجدائي إلى نموذج جمعي من خلال التحويل اللغرتمي.

نعرف إن كان النموذج المناسب لسلسلة ما هو الجمعي أم الجدائي من خلال رسم خطين يحدان السلسلة من الأعلى والأسفل. في النموذج الجمعي نجد أن الخطان متوازيين، والعكس في النموذج الجدائي يأتي الخطان غير متوازيين.



رسم توضيحي 8. النموذج الجدائي (إلى اليمين) لأن الموسمية تتغير مع الزمن (تباين غير ثابت)، والنموذج الجمعي (إلى اليسار) لأن الموسمية ثابتة والتوجه خطي فكلاهما لا يتأثر بالزمن.

لاحظ.

- يأتي النموذج الجدائي أحيانا كما يلي:

$$y_t = f_t + (f_t S_t) + E_t = f_t(1+ S_t) + E_t$$

ويعني ذلك أن المكون الموسمي يتناسب مع المكون غير الموسمي.

ويمكن أن نجد كتابات أخرى بحسب الارتباطات الموجودة. مثلا هناك ما يسمى **بالنموذج المزدوج**، أي الذي يتضمن كلا من الجداء والجمع بين المكونات، مثلا الموسمية جدائية (مرتبطة بالتوجه وبالتالي تضرب فيه) بينما مكون المتبقي جمعي (يضاف إلى الجداء): $y_t = (f_t S_t) + E_t$.

- طريقة الرسم البياني للمفاضلة بين النموذجين الجمعي والجدائي (méthode de la bande) قد لا تكون دائما فعالة أو كافية، لذلك تستخدم أحيانا طرقا أخرى مثل **الطريقة التحليلية** حيث نحسب المتوسط والانحراف المعياري لكل نافذة، ثم نستخرج بطريقة المربعات الصغرى ميل الانحراف المعياري على المتوسط، إذا جاء الميل بالقيمة المطلقة ضعيفا نستدل بأن التوجه جمعي وإلا نقول أنه جدائي.

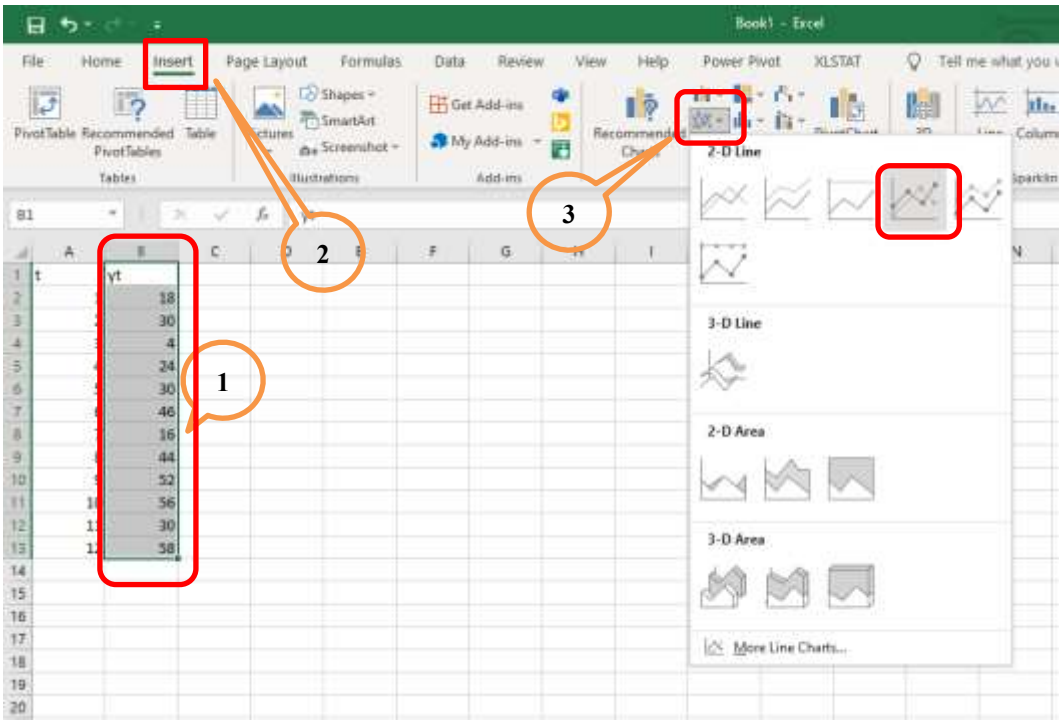
2-2. تمثيل السلسلة بيانيا في *Excel*

أيا كانت الأدوات الإحصائية التي ينوي المحلل استخدامها، من المهم قبل كل شيء تمثيل السلسلة بيانيا لإظهار مكوناتها.

لتمثيل سلسلة زمنية بيانيا في Excel:

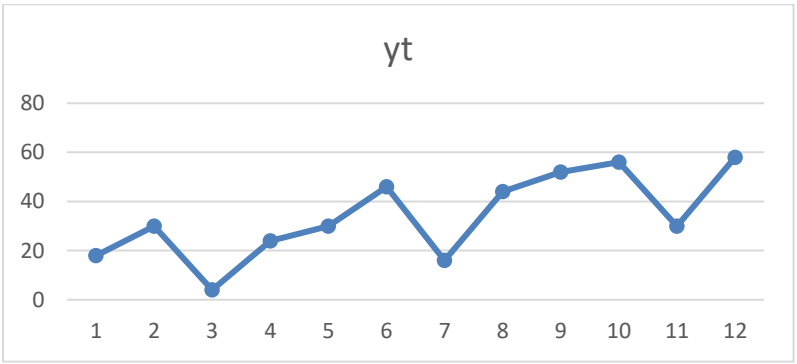
1. نقوم بإدخال البيانات عموديا في ورقة Excel
2. نقوم بالتمثيل البياني لy من خلال تعيين عمود بيانات y ثم من قائمة "إدارج" نختار المضلع:

Insert –> Graphic –> Line with markers



صورة 2. التمثيل البياني ل Yt

النتيجة تأتي كما يلي:



3-2. إدخال سلسلة زمنية وتمثيلها وتفكيكها في *R*

يستحسن دائما تحديد ل R كون المتغيرة هي لسلسلة زمنية، وذلك عن طريق الدالة ts(). تحديد الغرض أنه ts يسمح باستخدام دوال خاصة بالسلاسل الزمنية.

مثلا: لدينا المبيعات الثلاثية لمؤسسة ما. قم بإدخال البيانات مع تحديد أنها سلسلة زمنية.

السنة	الثلاثي			
	1	2	3	4
2010	18	30	4	24
2011	30	46	16	44
2012	52	56	30	58
2013	68	72	50	74

لإدخال بيانات السلسلة Sales في المثال نستخدم الدالة **c()**، مع تحديد أنها سلسلة زمنية. وعادة نعطي المتغيرة إسما في نفس السطر (الأمر). هنا في المثال التالي ندخل قيم المتغيرة ونسميها(sales):

```
sales=ts(c(18,30,4,24,30,46,16,44,52,56,30,58,68,72,50,74,start =
2010, frequency = 4))
```

المدخلة start تعين بداية السلسلة؛ السنوات الأخرى تعرف ضمنيا. في حالة كون البيانات شهرية: frequency = 12 ، في حالة كون البيانات أسبوعية frequency = 52، إذا كانت الموسمية تتجدد في البيانات الأسبوعية كل شهر نكتب: frequency =4، إذا كانت البيانات يومية وهناك موسمية خلال الأسبوع نستخدم frequency = 7 (إذا كان الأسبوع 7 أيام وليس 5)؛ وهكذا.

إذا كانت البيانات مخزنة من قبل في شكل شعاع رقمي (numerical vector) ، مثلا باسم y، يمكن تحويلها إلى سلسلة:

```
ts(y, start = 2010, frequency = 4)
```

يمكن تمثيل المتغيرة بيانيا مع تحديد أنها سلسلة زمنية (إذا لم تكن محددة من قبل كذلك) باستخدام الدالة **plot.ts()**:

```
plot.ts(sales)
```

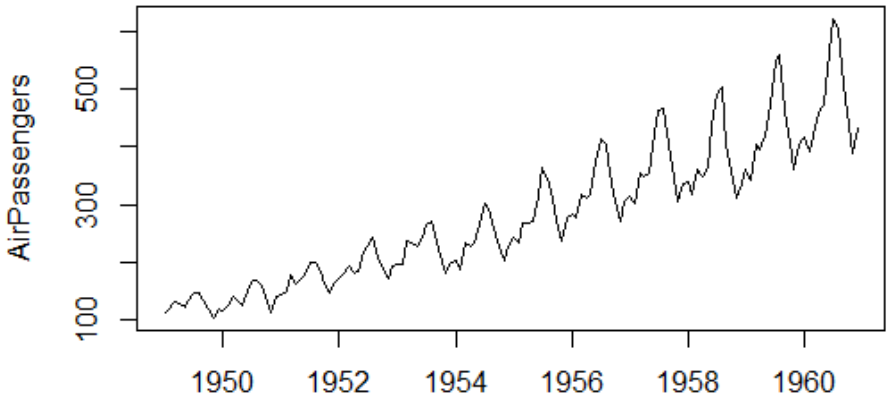
إذا كانت السلسلة مدرجة من قبل كسلسلة زمنية يمكننا تمثيلها من خلال الدالة **Plot()**.

لتفكيك السلسلة الزمنية إلى مكوناتها نستخدم الدالة **Plot(decompose())**. لاستخدام نموذج جدائي نضيف المدخلة **type** ونعرفها ب **multiplicative** كما يأتي في المثال.

مثال. السلسلة AirPassenger (عدد المسافرين جوا بالآلاف) هي سلسلة موجودة في R ضمن مجموعة كبيرة من قواعد بيانات أخرى. إستخدم الدالة Plot() ثم الدالة Plot(decompose()) لتمثيل السلسلة ثم تفكيكها إلى مكوناتها باستخدام نموذج جدائي.

1- التمثيل البياني للسلسلة:

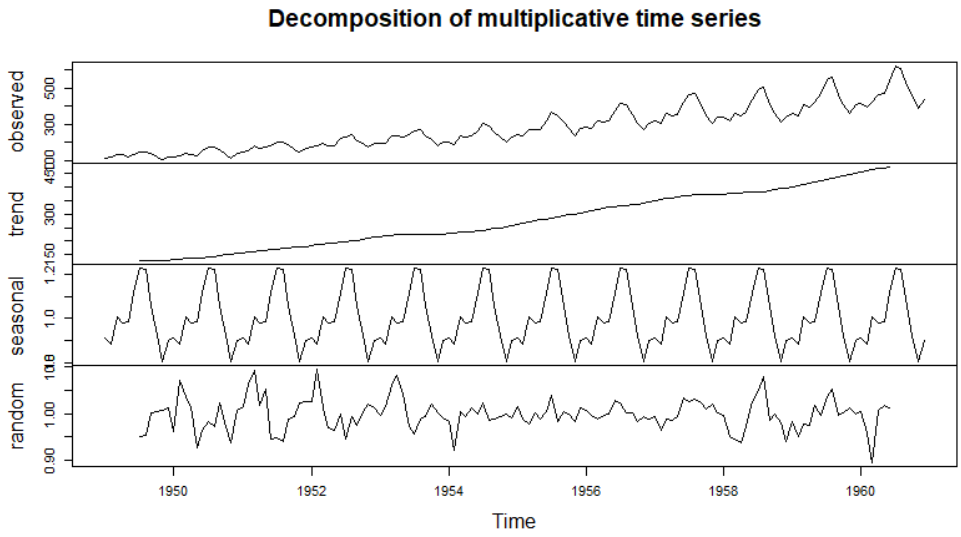
```
plot(AirPassengers)
```



Source: Box, G.E.P. and Jenkins, G.M. 1976. Time Series Analysis: Forecasting and Control. Holden-Day, San Francisco.

2- تفكيك السلسلة باستخدام نموذج جدائي:

```
plot(decompose(AirPassengers,type="multiplicative"))
```

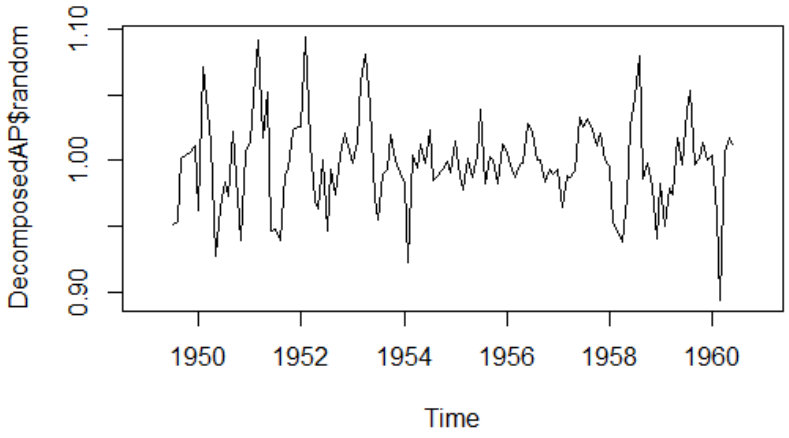


رسم توضيحي 9. تفكيك سلسلة AirPassengers **جدائيا. في الأعلى السلسلة، ثم التوجه، ثم الموسمية ثم المتبقي.**

للتحقق من صلاحية النموذج نتفقد مكون المتبقي **(**random**)**، فبما أنه أفقي ولا يتضمن أي نمطية نقبل النموذج. **لإظهار رسوم منفصلة** تمثل كل مكون على حدة، نخزن السلسلة المفككة في سلسلة جديدة نسميها مثلا "DecomposedAP" ثم نطلب تمثيل كل متغيرة من متغيرات هذه الأخيرة على حدة:

```
DecomposedAP<-decompose(AirPassengers,type="multiplicative")
plot(DecomposedAP$seasonal)
plot(DecomposedAP$trend)
plot(DecomposedAP$random)
```

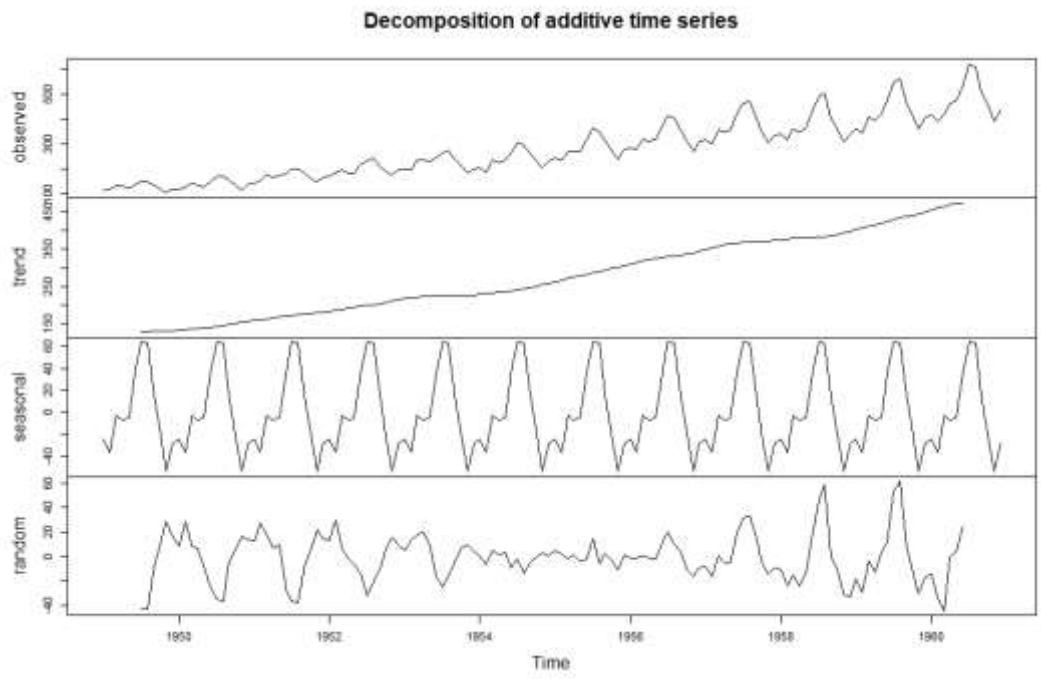
مثلا، المتبقي يأتي كما يلي:



رسم توضيحي 10. عزل المتبقي باستخدام plot(DacomposedAP$random)

لاستخدام النموذج الجمعي بدل الجدائي في التفكيك يكفي ألا نحدد المدخلة **type**، ونكتب:

```
plot(decompose(AirPassengers))
```



رسم توضيحي 11. تفكيك سلسلة AirPassenger. المتبقي يبين أن النموذج الجمعي غير مناسب لهذه السلسلة.

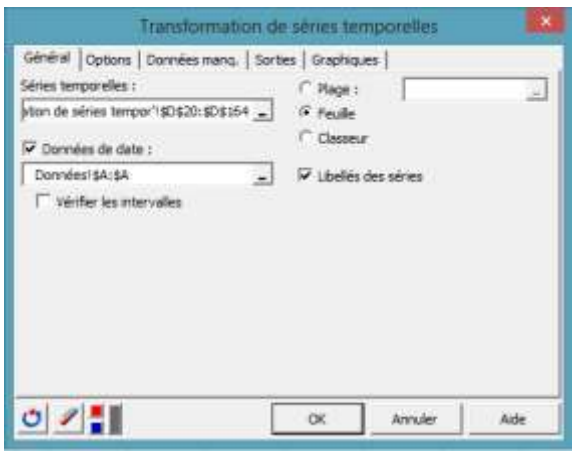
هنا تظهر في المتبقي نمطية واضحة في بداية ونهاية السلسلة، مما يعني أنه ليس عشوائيا كما نريده أن يكون، أي أنه لا يزال يتضمن قدرا من المكونات الأخرى، وبالتحديد الموسمية، لذلك نقول أن النموذج الجمعي غير مناسب لهذه السلسلة.

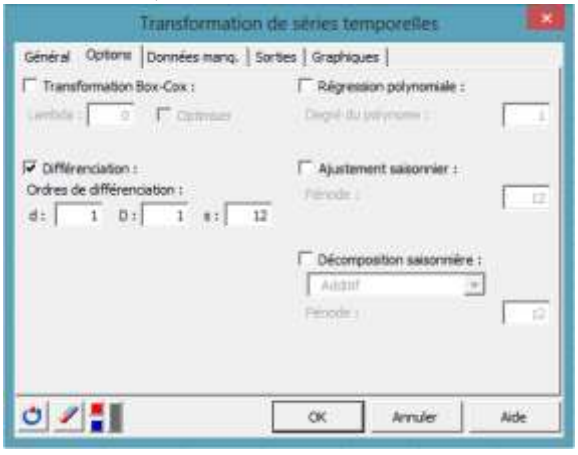
4-2. تفكيك السلسلة في XLSTAT

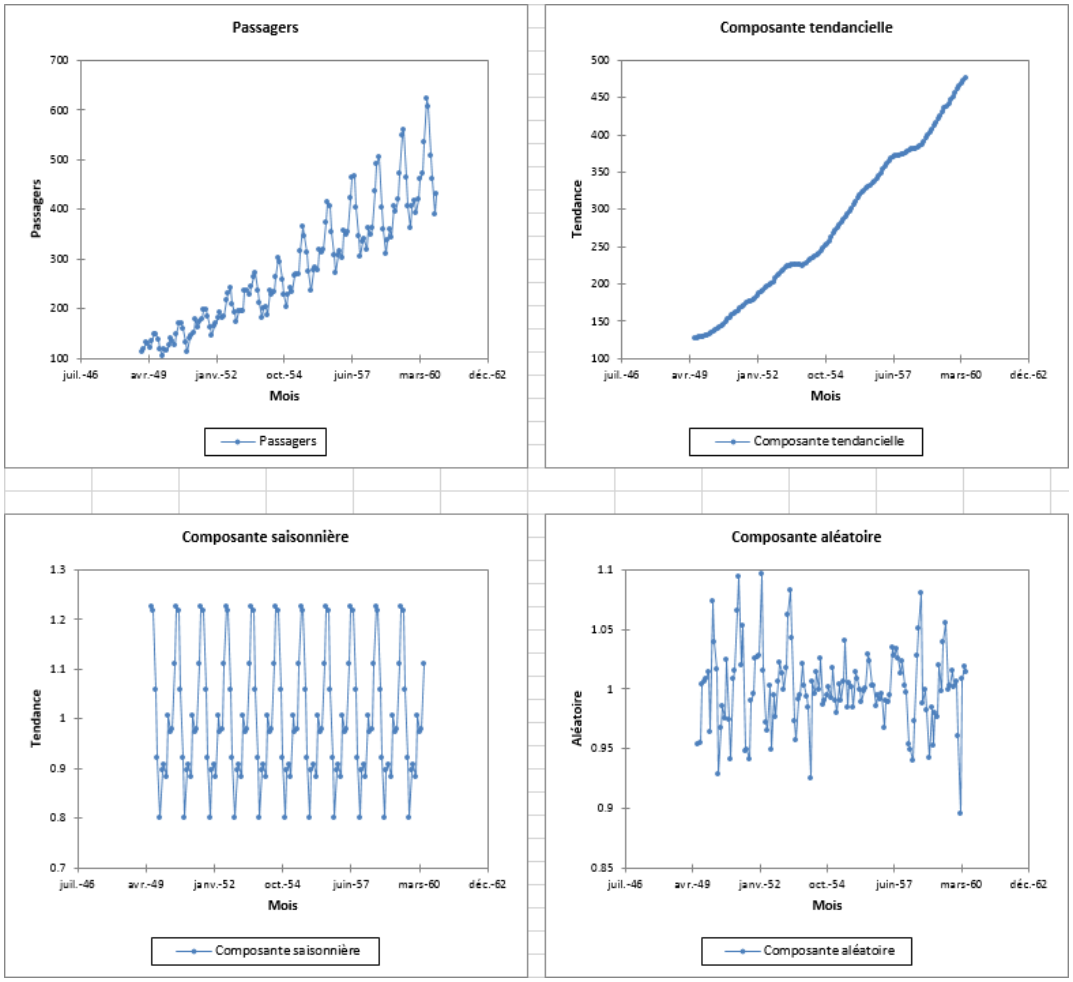
لتفكيك السلسلة في XLSTAT نستخدم مجموعة الأدوات المتعلقة بتحليل السلسلة (Analyse de séries temporelles) وبالتحديد: تحويل السلاسل الزمنية. مثلا لتفكيك سلسلة المسافرين جوا:

Analyse de séries temporelles → Transformation de séries temporelles

ندخل البيانات مع العنوان والتواريخ في الصفحة Général، وندخل نوع التفكيك والموسمية في Options.







صورة 3. مخرجات XLSTAT عند طلب تفكيك سلسلة المسافرين جوا Passengers

3. خلاصة

السلسلة الزمنية هي مجموعة من القيم لمتغيرة ما، نرمز لها مثلا ب Y_t، مسجلة في تواريخ متتالية. غالبا ما تكون الفترة بين تاريخ وآخر نفسها، لذلك يمكن الترميز للتواريخ بأرقام من 1 إلى n.

يقوم التنبؤ على تحليل السلسلة الزمنية، ويقتضي ذلك استكشاف مكونات السلسلة الزمنية: الدورة، التوجه، الموسمية والمتبقي. الدورة تظهر في المدى البعيد، ويمكن ملاحظتها مثلا في المتغيرات الاقتصادية مثل البطالة والنمو بسبب مرور الاقتصاد الرأسمالي كل فترة بتباطؤ أو بانكماش ثم انتعاش يتلوه نمو ثم تباطؤ قبل أن يعرف الاقتصاد دورة جديدة من الانكماش وهكذا. مكون التوجه هو الآخر يظهر في المدى البعيد، ويمثل غالبا بدالة خطية أو غير خطية. مكون الموسمية هو نمط من الارتفاع والانخفاض يتكرر بانتظام في البيانات على المدى القصير. أما مكون المتبقي فهو المكون الذي لا تتسبب فيه أحد المكونات السابقة، ويتمثل في مكونين فرعيين هما مكون الحوادث والمكون العشوائي.

التعبير عن السلسلة من خلال مكوناتها يكون إما بنموذج جمعي أو نموذج جدائي، نستخدم الأول عندما تكون المكونات مستقلة ونستعمل الثاني عندما تكون المكونات غير مستقلة. للتحقق من صلاحية النموذج نتفحص التمثيل البياني للمتبقي.

بما أن الدورة نادرة في متغيرات التسيير، خاصة حين يكون الهدف هو التحليل والتنبؤ بالمبيعات مثلا، ينصب التحليل على قياس مكوني التوجه والموسمية ومن ثم عزلهما وفصلهما عن السلسلة. ما يتبقى بعد ذلك هو الخطأ؛ وفيما عدا تفحص الحوادث ليس هناك الكثير مما يمكن فعله في السلسلة الناتجة في النموذج التحديدي، أما في النموذج العشوائي فنأمل أن الخطأ يمثل سلسلة مستقرة (متغيرات عشوائية لها نفس التوزيع لكنها ليست بالضرورة مستقلة) وبالتالي نبحث عن نمذجتها (Agnes, 2019).

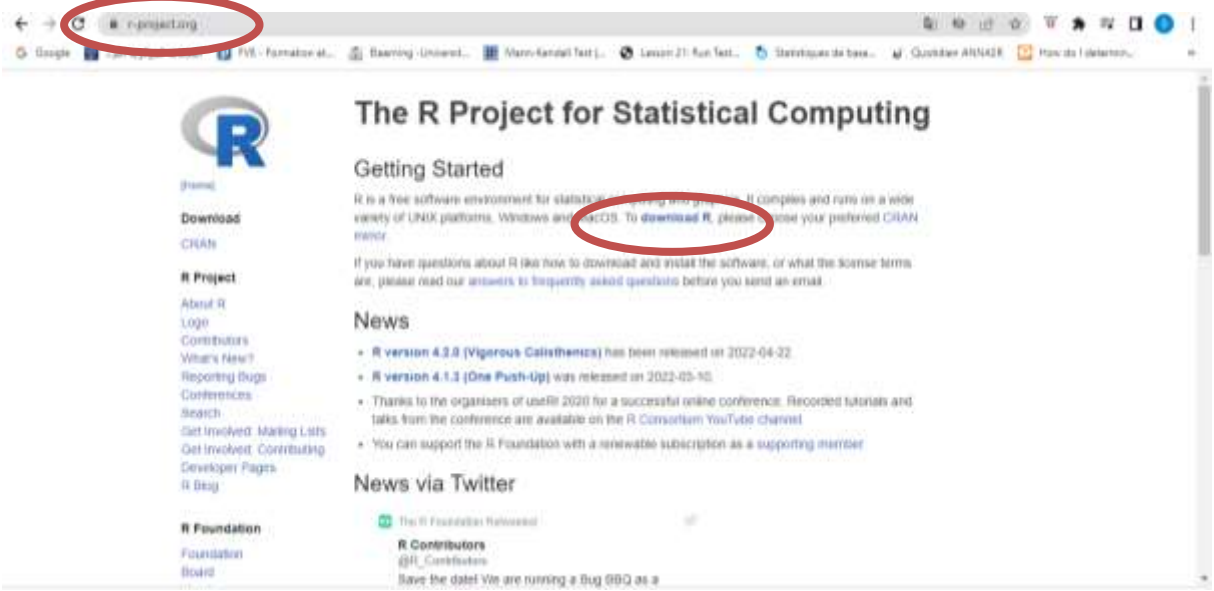
4. ملحق. تثبيت برمجية *R* و *R Studio*

برنامجي R و RStudio يمكن تحملهما مجانا، فليس عليك أن تدفع أي مبلغ إلا إذا أردت تحميل النسخ التي هي ليست مجانية. وتحميل هذين البرنامجين نهائي على عكس البرمجيات الإحصائية الأخرى غير المجانية التي تمنح المستخدم نسخة تجريبية تعمل فترة شهر أو شهرين ثم تتوقف.

يمكنك تعلم R و RStudio من خلال الكتب أو العديد من الفيديوهات المتاحة على الانترنت.

لتثبيت R على حاسوبك أستخدم الخطوات التالية:

1. إذهب إلى الصفحة : "r-project.org"
2. إضغط على "download R"
3. قم بتحميل النسخة المجانية ل R و R Studio:
4. "R Studio" → the free version
5. حدد نوع برنامج Windows الذي لديك في حاسوبك،



ملاحظة:

لا تنس تحديث R و R Studio من حين لآخر من قائمة Help :

Help → Check for Updates

سيكون عليك أيضا تحميل بعض الحزم packages من حين لآخر بحسب الحاجة.

لتعلم R هناك عدد من الوثائق التي يوفرها البرنامج نفسه من خلال أدوات المساعدة help، تجدها في القائمة HELP، كما هناك عدد هائل من الفيديوهات عن مختلف جوانب R على يوتيوب، وبلغات متعددة.

5. سلسلة تمارين

5-1. التمارين

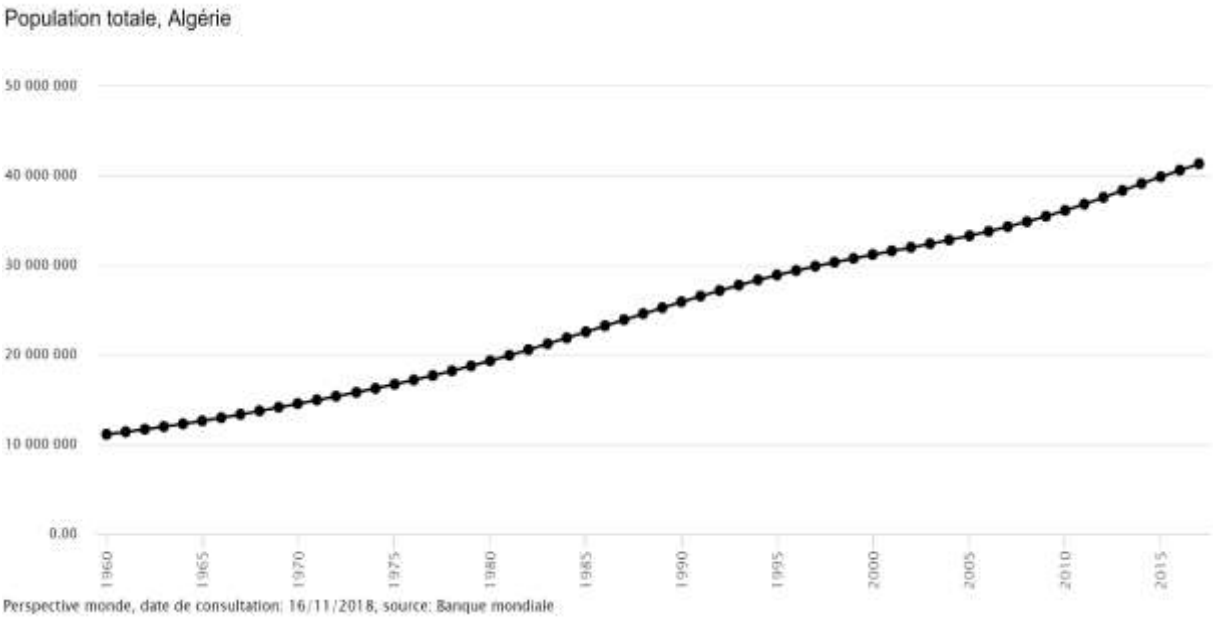
تمرين 1: أسئلة نظرية

- عرف السلسلة الزمنية.
- أذكر مكونات السلسلة الزمنية؟
- ما هي أنواع الموسمية؟
- ما هي أنواع التوجه وهل يظهر في المدى البعيد أم القصير؟
- كيف يمكنك التمييز بين مكون الدورة ومكون الموسمية؟
- ما هو الفرق بين مكون الحوادث والمكون العشوائي؟
- أكتب النموذج الجمعي والنموذج الجدائي واشرح الفرق بينهما.
- كيف يمكن تحويل النموذج الجدائي إلى نموذج جمعي؟

تمرين 2. السكان والدخل – مكونات السلسلة

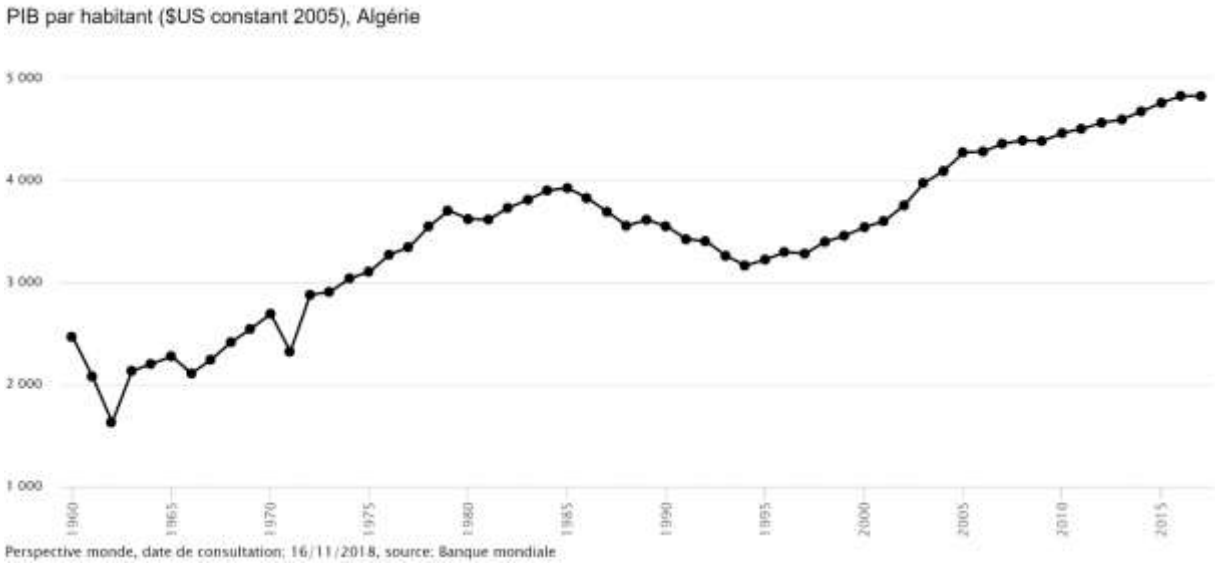
علق على المكونات التي تلاحظها في السلاسل التالية (Perspective monde, 2018).

عدد سكان الجزائر من 1960 إلى 2018.



المصدر: http://perspective.usherbrooke.ca/bilan/BMEncyclopedie

5- نصيب الفرد من الناتج المحلي الخام للجزائر من 1960 إلى 2018.

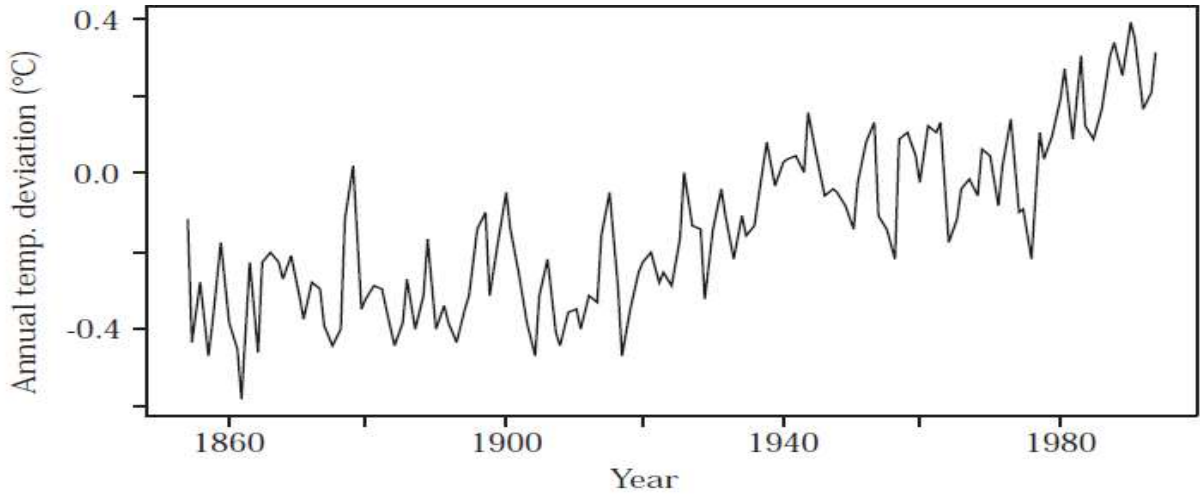


المصدر: http://perspective.usherbrooke.ca/bilan/BMEncyclopedie

تمرين 3: بيانات درجة الحرارة خلال قرن ونصف – تغير التوجه

قامت وحدة البحث في جامعة شرق "أنجليا" بتجميع بيانات عن المناخ من مؤسسات الملاحة للدول الكبرى عبر القرنين الماضيين، وتوصلت إلى جمع 8 ملايين مشاهدة تمثل درجة الحرارة من 1854 إلى 1994. لإظهار تباين درجة الحرارة تم طرح متوسط درجة الحرارة من 1850 إلى 1979 (Wild & Seber, 2000).

- ما هي المكونات التي تلاحظها؟
- صف التوجه في السلسلة ومراحله.

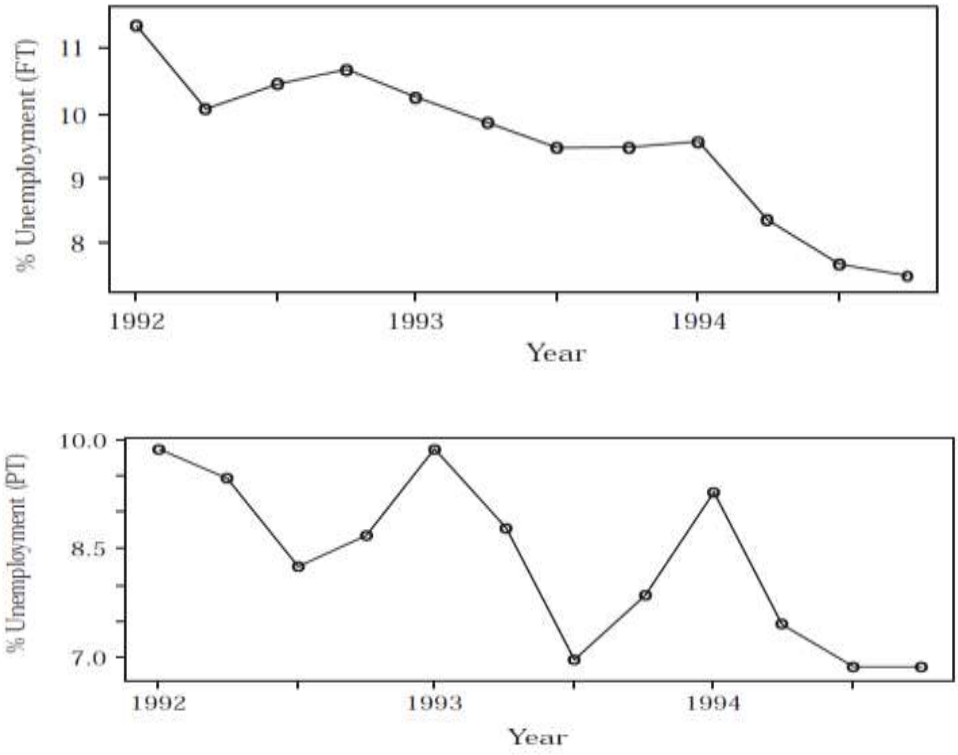


Source: Philip Jones, Climate Research Unit, University of East Anglia. (Wild and Seber, 2000)

تمرين 4: البطالة – نافذة الموسمية

السلسلتين التاليتين (Wild & Seber, 2000) تمثلان على التوالي نسبة البطالة للعمل بدوام كامل (FT) ونسبة البطالة بدوام جزئي (PT). (البطالة الجزئية هي بطالة من لا يتمكنون من العثور إلا على وظائف مؤقتة أو بدوام جزئي مع رغبتهم في العمل بدوام كامل).

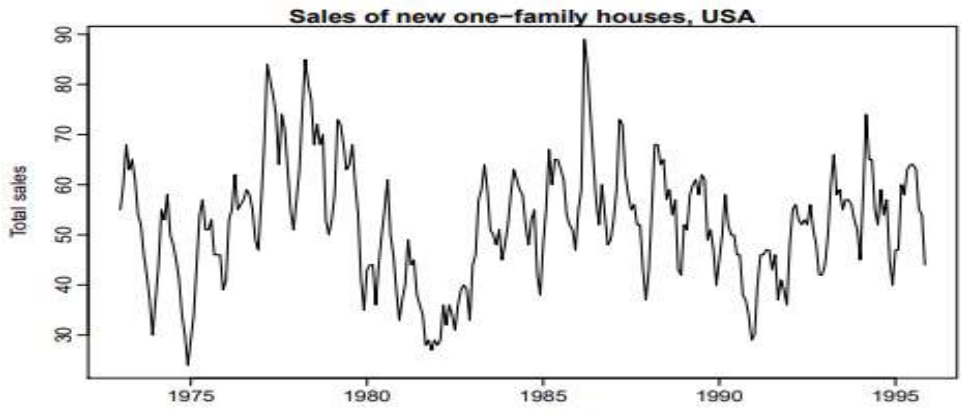
- هل البيانات شهرية أم ثلاثية؟ هل هناك طريقة أخرى غير إظهار قيمة الثلاثي في بداية الفترة؟
- ما هي المكونات التي تلاحظها في البطالة بدوام كامل؟ بدوام جزئي؟ فسر ذلك!



Source: Wild C.J. and Seber G.A.F., 2000, op. cit. cited by: C.M. Triggs, University of Aukland.

تمرين 5. مبيعات المنازل – الموسمية والدورة

السلسلة تمثل مبيعات المنازل في الولايات المتحدة. علق على المكونات الملاحظة (Hyndman, 2014).

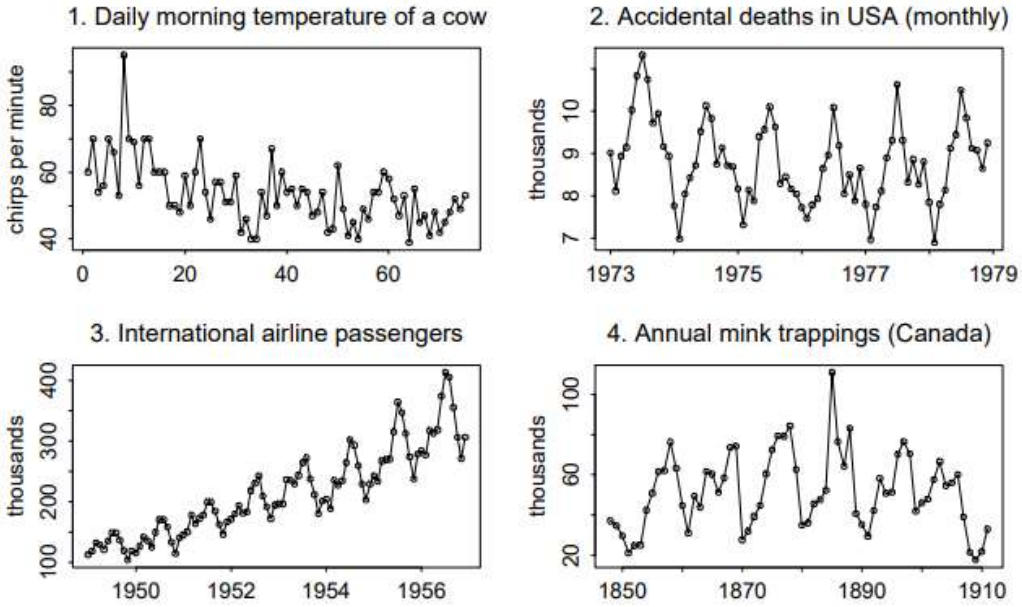


Source: (Hyndman, 2014)

تمرين 6. شيء من كل شيء

بين في كل رسم من الرسوم التالية (Hyndman, 2014) ماهي المكونات الملاحظة:

1- درجة الحرارة يوميا صباحا لبقرة، 2- عدد الحوادث المميتة في الولايات المتحدة شهريا، 3- عدد المسافرين جوا شهريا (في العالم)، 4- عدد حيوانات ثعلب الماء التي تم صيدها سنويا.

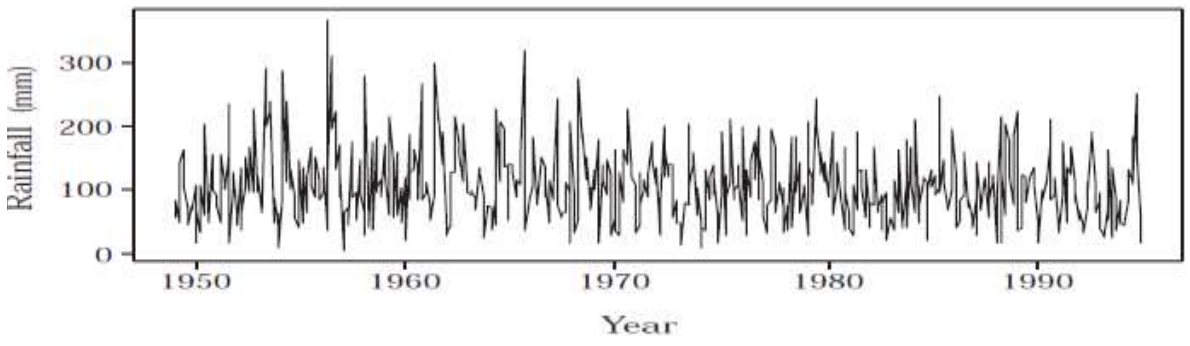


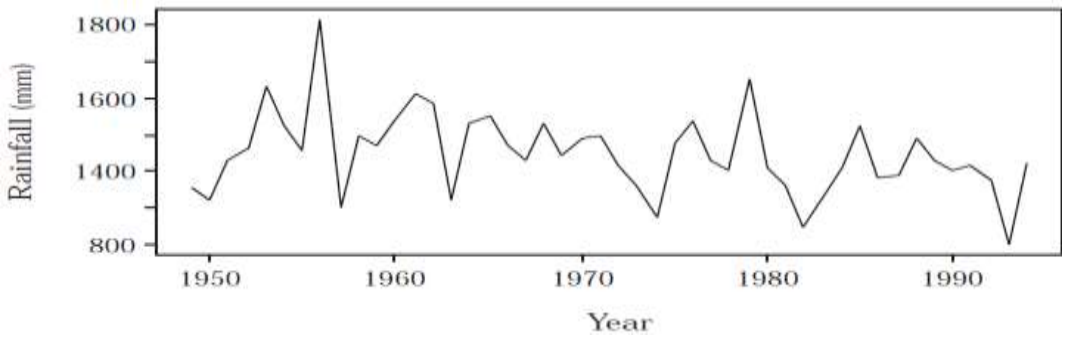
Source: (Hyndman, 2014)

تمرين 7. كمية الأمطار في مدينة- إظهار الدورة من خلال تجميع البيانات

السلسلتين التاليتين تمثلان كمية الأمطار المتساقطة شهريا وسنويا على التوالي في مدينة أكلاند في الولايات المتحدة(Wild & Seber, 2000) .

- ماهي المكونات التي تلاحظها في السلسلة الأولى (بيانات شهرية)؟ هل يمكنك ملاحظة الموسمية؟
- ماهي المكونات التي تظهر من تجميع البيانات من شهرية إلى سنوية (الرسم الثاني) ؟





Source: Wild C.J. and Seber G.A.F.,(2000). cited by: C.M. Triggs, University of Aukland

تمرين 8: الموسمية في عدد المواليد! – التوجه غير الخطي – النموذج الجدائي

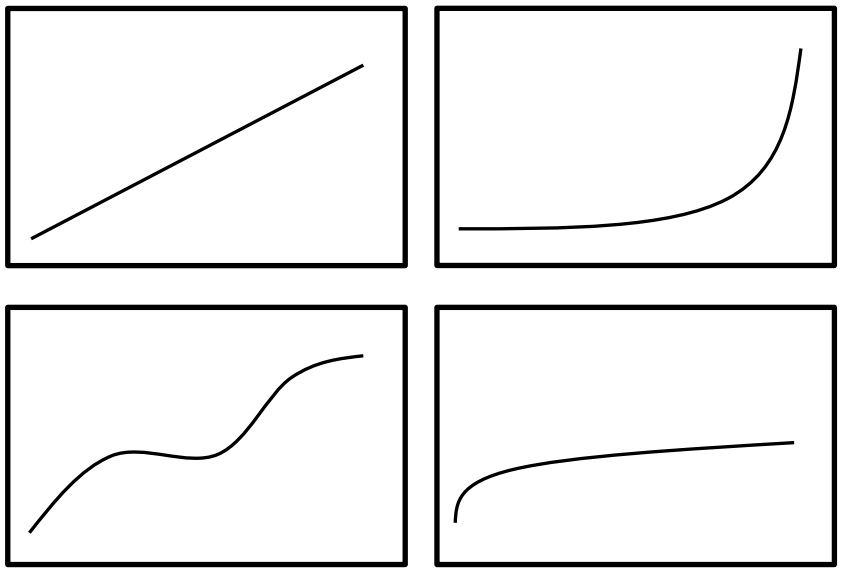
لديك البيانات التالية لعدد المواليد في مقاطعة ألمانية. أدخل البيانات إلى Excel ومثلها بيانيا، ثم:

- علق على المكونات التي تلاحظها وصفها.
- هل تمثل البيانات نموذجا جدائيا أم جمعيا؟ برر من خلال الرسم البياني.
- إستخدم Excel لإضافة خط توجه عام للرسم.
- باستخدام البرنامج ذاته أظهر R^2 وعلق عليها.
- إختر نوع خط التوجه الذي يحقق أكبر قيمة ل R^2.

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Trimestre 1	7 684	7 437	7 311	7 221	7 148	7 105	7 067	7 062
Trimestre 2	7 899	7 705	7 616	7 471	7 336	7 189	7 146	7 128
Trimestre 3	7 320	7 208	7 093	7 008	6 970	7 043	6 983	7 008
Trimestre 4	7 683	7 450	7 298	7 184	7 231	7 206	7 185	7088

تمرين 9. أنواع التوجه

أذكر أنواع التوجه التي تشير إليها الرسوم البيانية التالية:



تمرين 10. تمرين محلول – النموذج الجمعي والتوجه

لديك المبيعات الثلاثية لمؤسسة سياحية خلال فترة أربع سنوات.

- حول البيانات إلى جدول يتضمن سطرين: الزمن (x) والمبيعات (y_i) ومثلها بيانيا.
- هل تلاحظ وجود موسمية؟ هل تلاحظ وجود توجه عام خطي؟
- استخرج خط التوجه العام ومعادلته بطريقة المربعات الصغرى (باستخدام Excel).
- أكتب التعليمات لإدخال بيانات المبيعات Sales ثم تمثيل السلسلة بيانيا في R.

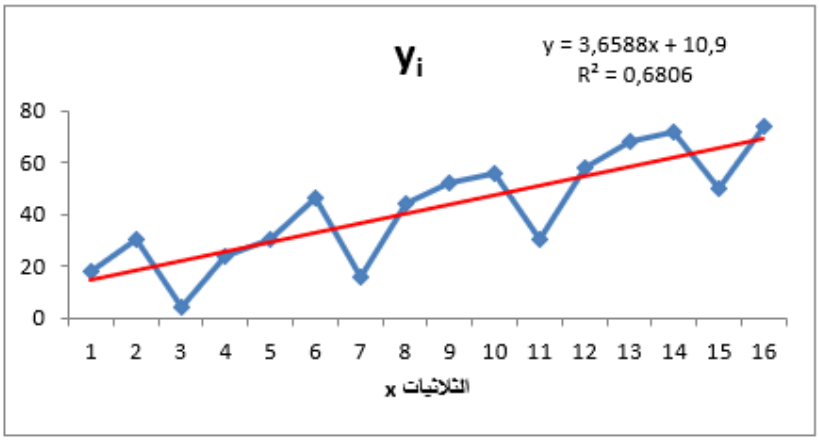
السنة	الثلاثي			
	1	2	3	4
2010	18	30	4	24
2011	30	46	16	44
2012	52	56	30	58
2013	68	72	50	74

الحل:

نبدأ أولا بإعادة كتابة الجدول في عمودين أو سطرين لنتمكن من تمثيل البيانات في رسم.

x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
y_i	18	30	4	24	30	46	16	44	52	56	30	58	68	72	50	74

نؤشر على السطرين ومن قائمة إدراج (Insertion) نطلب الرسم البياني من نوع الخط المتعرج. ثم نؤشر بالفأرة على الرسم الذي يظهر ونطلب بالزر الأيمن للفأرة إظهار خط التوجه، وفي المربع الذي يظهر نختار التوجه الخطي، ونؤشر لإظهار الدالة ومربع الارتباط R^2.



رسم توضيحي 12. التمثيل البياني للتوجه بطريقة خط التوجه (المربعات الصغرى).

لتمثيل المبيعات في R، ندخل قيم المتغيرة (ولنسمها Sales) ثم نقوم بالتمثيل البياني لسحابة النقاط.

```
sales=c(18,30,4,24,30,46,16,44,52,56,30,58,68,72,50,74)
plot.ts(sales)
```

2-5. الحلول

مراجع

(2018, November 16). Retrieved from Perspective monde: http://perspective.usherbrooke.ca/bilan/BMEncyclopedie

(2019). Retrieved from http://www.France-Inflation.com

Agnes, L. (2019). *Séries Chronologiques.* Toulouse, France: Supportde cours, Université de Toulouse Le Mirail. Retrieved from https://perso.math.univ-toulouse.fr/lagnoux/enseignements/

Anderson, S. W. (2007). *Statistiques pour l'économie et la gestion* (éd. 2). (A. David R., W. Dennis J., & A. Thomas A., Trads.) Bruxelles: De Booeck.

Box, G. E., & Jenkins, G. M. (1976). *Time Series Analysis: Forecasting and Control.* San Francisco.

Droesbeck, J. J. (1997). *Eléments de statistique.* Belgique: Ellips.

Hyndman, R. J. (2014). *Forecasting:Principles & Practice.* University of Western Australia. Retrieved from robjhyndman.com/uwa

Malhotra, N., Décaudin, J.-M., & Bouguerra, A. (2007). *Etude Marketing avec SPSS* (éd. 5). Paris: Pearson.

Viano, M.-C., & Philippe, A. (2004). *Cours de Séries Temporelles.* U.F.R. de Mathématiques Pures et Appliquées. Lille: Université des Sciences et Technologies de Lille.

Wild, C. J., & Seber, G. (2000). *Change Encounters: Time Series.* New York: John Wiley.

غادة الحلايقة. (27 جانفي, 2021). *المجموعة الشمسية*. تم الاسترداد من https://mawdoo3.com: https://mawdoo3.com