

Projet :

Les séries temporelles.

La méthode de Box et Jenkins

Réaliser par :
TAZZI KARIM

Encadrer par :
Mme F.Badaoui

I. Choix de série :

Les ventes mensuelles de voitures aux États-Unis de 1976 à 2019.

II. Description de données :

Les données représentent les ventes d'automobiles totales aux États-Unis toutes les catégories sont incluse de 1976 à 2019. En effet :

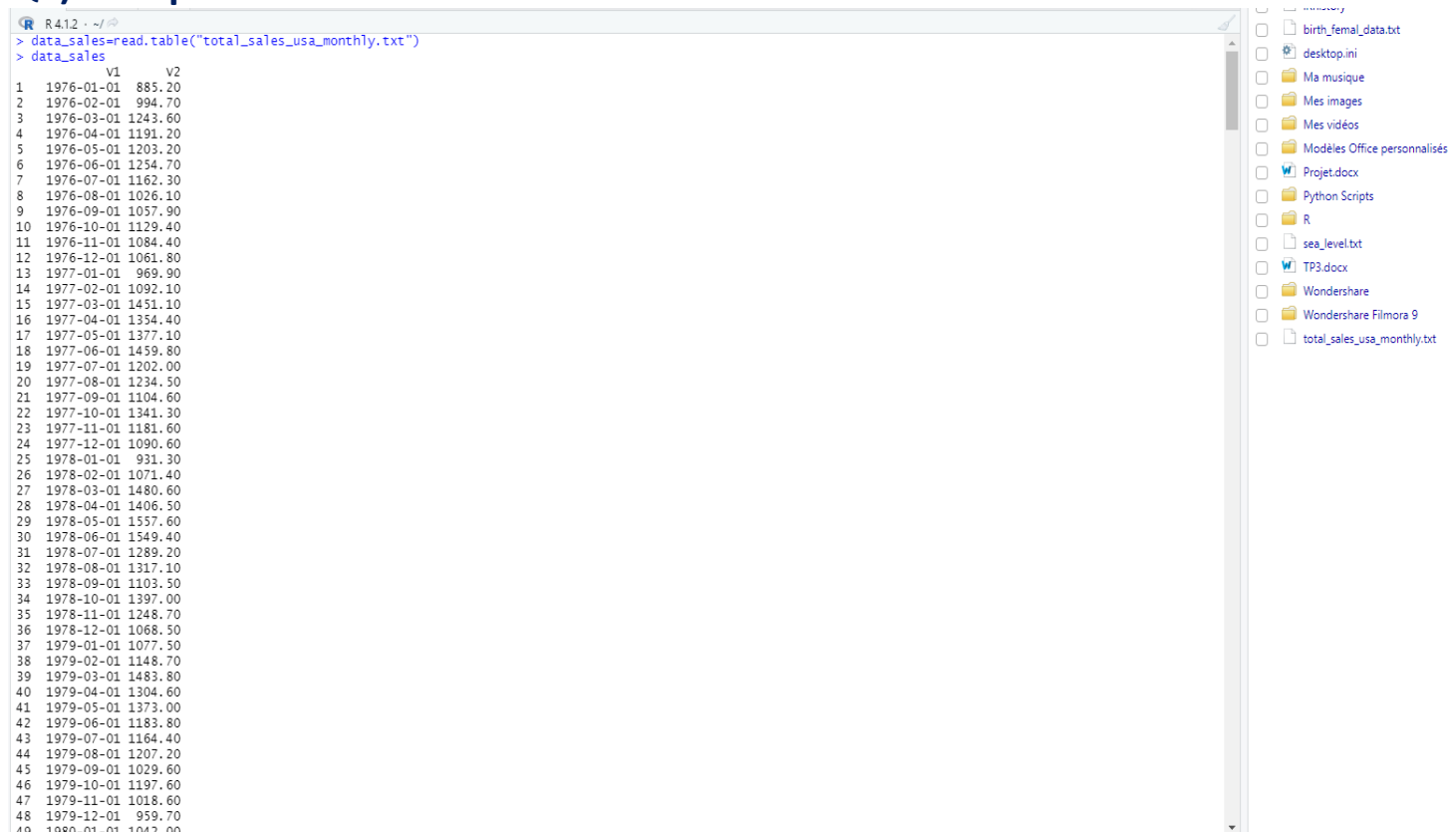
La 1^{er} colonne : correspond aux dates mensuelles.

La 2^e colonne: représente Le nombre totale de ventes en milliers d'unités.

III. Source de DataSet:

<https://datahub.io/higorspinto/car-sales-world-annual>

Q1) Récupération des données sous R :



```
R 4.1.2 ~ /
> data_sales=read.table("total_sales_usa_monthly.txt")
> data_sales
      V1      V2
1 1976-01-01 885.20
2 1976-02-01 994.70
3 1976-03-01 1243.60
4 1976-04-01 1191.20
5 1976-05-01 1203.20
6 1976-06-01 1254.70
7 1976-07-01 1162.30
8 1976-08-01 1026.10
9 1976-09-01 1057.90
10 1976-10-01 1129.40
11 1976-11-01 1084.40
12 1976-12-01 1061.80
13 1977-01-01 969.90
14 1977-02-01 1092.10
15 1977-03-01 1451.10
16 1977-04-01 1354.40
17 1977-05-01 1377.10
18 1977-06-01 1459.80
19 1977-07-01 1202.00
20 1977-08-01 1234.50
21 1977-09-01 1104.60
22 1977-10-01 1341.30
23 1977-11-01 1181.60
24 1977-12-01 1090.60
25 1978-01-01 931.30
26 1978-02-01 1071.40
27 1978-03-01 1480.60
28 1978-04-01 1406.50
29 1978-05-01 1557.60
30 1978-06-01 1549.40
31 1978-07-01 1289.20
32 1978-08-01 1317.10
33 1978-09-01 1103.50
34 1978-10-01 1397.00
35 1978-11-01 1248.70
36 1978-12-01 1068.50
37 1979-01-01 1077.50
38 1979-02-01 1148.70
39 1979-03-01 1483.80
40 1979-04-01 1304.60
41 1979-05-01 1373.00
42 1979-06-01 1183.80
43 1979-07-01 1164.40
44 1979-08-01 1207.20
45 1979-09-01 1029.60
46 1979-10-01 1197.60
47 1979-11-01 1018.60
48 1979-12-01 959.70
49 1980-01-01 1047.00
```

Q2)

Division de l'ensemble de données en deux parties : d'apprentissage et de validation :

-> 88% pour la partie d'apprentissage .

-> 12% pour la partie validation.

La base données constitué de 528 lignes Donc 88% correspond au 468 ligne (environ 39 ans) et 12% correspond à 60 ligne de notre dataSet.

(j'ai pas retarder sur la partie échantillonnage, j'ai juste laisser les derniers 5 ans (12%) pour la validation de notre modèle).

Pour la partie apprentissage :

```
> data_sales_apprentissage=data_sales[1:468,1:2]
> data_sales_apprentissage
```

| | v1 | v2 |
|----|------------|---------|
| 1 | 1976-01-01 | 885.20 |
| 2 | 1976-02-01 | 994.70 |
| 3 | 1976-03-01 | 1243.60 |
| 4 | 1976-04-01 | 1191.20 |
| 5 | 1976-05-01 | 1203.20 |
| 6 | 1976-06-01 | 1254.70 |
| 7 | 1976-07-01 | 1162.30 |
| 8 | 1976-08-01 | 1026.10 |
| 9 | 1976-09-01 | 1057.90 |
| 10 | 1976-10-01 | 1129.40 |
| 11 | 1976-11-01 | 1084.40 |
| 12 | 1976-12-01 | 1061.80 |
| 13 | 1977-01-01 | 969.90 |
| 14 | 1977-02-01 | 1092.10 |
| 15 | 1977-03-01 | 1451.10 |
| 16 | 1977-04-01 | 1354.40 |
| 17 | 1977-05-01 | 1377.10 |
| 18 | 1977-06-01 | 1459.80 |
| 19 | 1977-07-01 | 1202.00 |
| 20 | 1977-08-01 | 1234.50 |
| 21 | 1977-09-01 | 1104.60 |
| 22 | 1977-10-01 | 1341.30 |
| 23 | 1977-11-01 | 1181.60 |
| 24 | 1977-12-01 | 1090.60 |
| 25 | 1978-01-01 | 931.30 |
| 26 | 1978-02-01 | 1071.40 |
| 27 | 1978-03-01 | 1480.60 |
| 28 | 1978-04-01 | 1406.50 |
| 29 | 1978-05-01 | 1557.60 |
| 30 | 1978-06-01 | 1549.40 |
| 31 | 1978-07-01 | 1289.20 |
| 32 | 1978-08-01 | 1317.10 |
| 33 | 1978-09-01 | 1103.50 |
| 34 | 1978-10-01 | 1397.00 |
| 35 | 1978-11-01 | 1248.70 |
| 36 | 1978-12-01 | 1068.50 |
| 37 | 1979-01-01 | 1077.50 |
| 38 | 1979-02-01 | 1148.70 |
| 39 | 1979-03-01 | 1483.80 |
| 40 | 1979-04-01 | 1304.60 |
| 41 | 1979-05-01 | 1373.00 |
| 42 | 1979-06-01 | 1183.80 |
| 43 | 1979-07-01 | 1164.40 |
| 44 | 1979-08-01 | 1207.20 |
| 45 | 1979-09-01 | 1029.60 |
| 46 | 1979-10-01 | 1197.60 |
| 47 | 1979-11-01 | 1018.60 |

- ☐ Ma musique
- ☐ Mes images
- ☐ Mes vidéos
- ☐ Modèles Office personnalisés
- ☐ Projet.docx
- ☐ Python Scripts
- ☐ R
- ☐ sea_level.txt
- ☐ TP3.docx
- ☐ Wondershare
- ☐ Wondershare Filmora 9
- ☐ total_sales_usa_monthly.txt

Données pour la validation :

```
> data_sales_validation=data_sales[469:528,1:2]
> data_sales_validation
```

| | v1 | v2 |
|-----|------------|---------|
| 469 | 2015-01-01 | 1177.91 |
| 470 | 2015-02-01 | 1285.15 |
| 471 | 2015-03-01 | 1579.63 |
| 472 | 2015-04-01 | 1479.34 |
| 473 | 2015-05-01 | 1668.45 |
| 474 | 2015-06-01 | 1518.66 |
| 475 | 2015-07-01 | 1546.82 |
| 476 | 2015-08-01 | 1598.26 |
| 477 | 2015-09-01 | 1474.92 |
| 478 | 2015-10-01 | 1486.42 |
| 479 | 2015-11-01 | 1358.78 |
| 480 | 2015-12-01 | 1671.29 |
| 481 | 2016-01-01 | 1188.78 |
| 482 | 2016-02-01 | 1374.27 |
| 483 | 2016-03-01 | 1614.07 |
| 484 | 2016-04-01 | 1524.10 |
| 485 | 2016-05-01 | 1552.66 |
| 486 | 2016-06-01 | 1548.86 |
| 487 | 2016-07-01 | 1546.82 |
| 488 | 2016-08-01 | 1539.79 |
| 489 | 2016-09-01 | 1462.06 |
| 490 | 2016-10-01 | 1397.06 |
| 491 | 2016-11-01 | 1399.38 |
| 492 | 2016-12-01 | 1717.93 |
| 493 | 2017-01-01 | 1164.32 |
| 494 | 2017-02-01 | 1352.08 |
| 495 | 2017-03-01 | 1582.67 |
| 496 | 2017-04-01 | 1449.72 |
| 497 | 2017-05-01 | 1543.86 |
| 498 | 2017-06-01 | 1502.80 |
| 499 | 2017-07-01 | 1441.01 |
| 500 | 2017-08-01 | 1512.07 |
| 501 | 2017-09-01 | 1553.13 |
| 502 | 2017-10-01 | 1385.65 |
| 503 | 2017-11-01 | 1424.53 |
| 504 | 2017-12-01 | 1639.56 |
| 505 | 2018-01-01 | 1181.71 |
| 506 | 2018-02-01 | 1328.14 |
| 507 | 2018-03-01 | 1687.61 |
| 508 | 2018-04-01 | 1391.23 |
| 509 | 2018-05-01 | 1626.48 |
| 510 | 2018-06-01 | 1586.66 |
| 511 | 2018-07-01 | 1403.12 |
| 512 | 2018-08-01 | 1527.42 |
| 513 | 2018-09-01 | 1475.00 |
| 514 | 2018-10-01 | 1405.91 |
| 515 | 2018-11-01 | 1422.22 |

- ☐ Ma musique
- ☐ Mes images
- ☐ Mes vidéos
- ☐ Modèles Office personnalisés
- ☐ Projet.docx
- ☐ Python Scripts
- ☐ R
- ☐ sea_level.txt
- ☐ TP3.docx
- ☐ Wondershare
- ☐ Wondershare Filmora 9
- ☐ total_sales_usa_monthly.txt

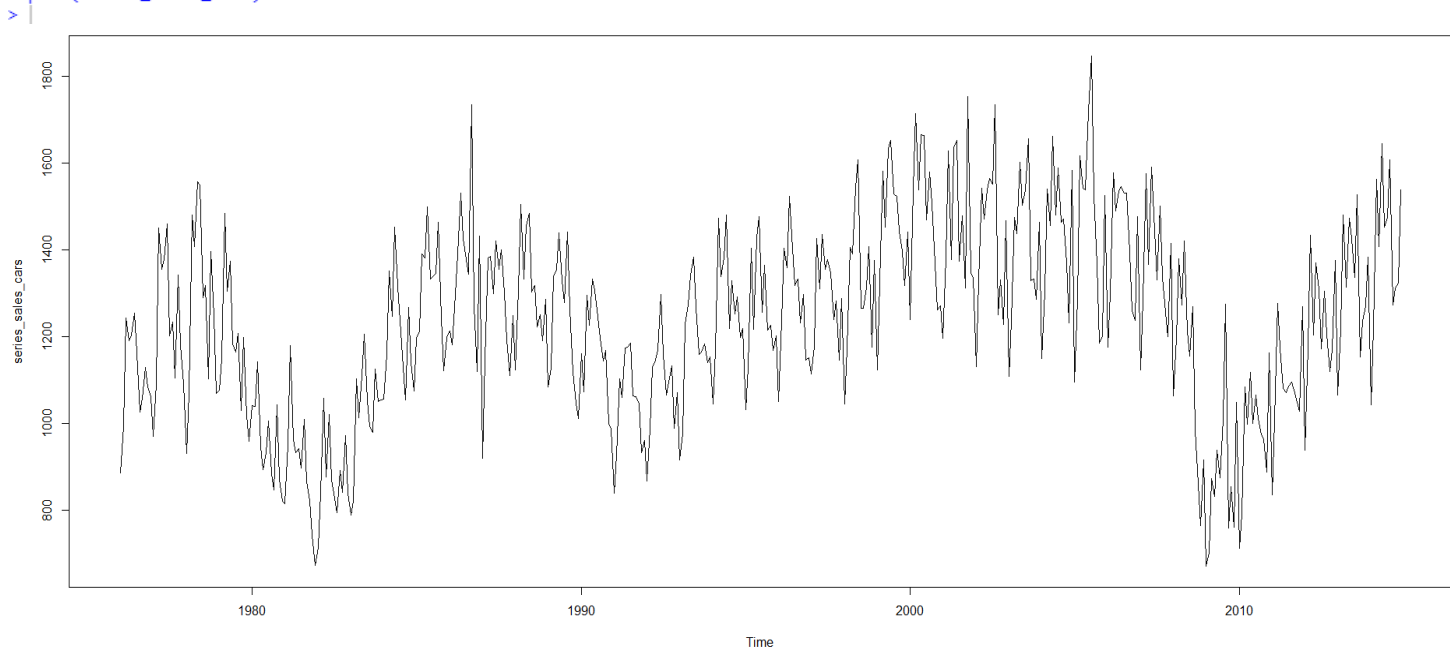
Q3) Création de la série temporelle et représentation graphique :

```
> series_sales_cars=ts(data_sales_apprentissage$v2,frequency =12,start =c(1976,01))
```

```
> series_sales_cars
```

| | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1976 | 885.20 | 994.70 | 1243.60 | 1191.20 | 1203.20 | 1254.70 | 1162.30 | 1026.10 | 1057.90 | 1129.40 | 1084.40 | 1061.80 |
| 1977 | 969.90 | 1092.10 | 1451.10 | 1354.40 | 1377.10 | 1459.80 | 1202.00 | 1234.50 | 1104.60 | 1341.30 | 1181.60 | 1090.60 |
| 1978 | 931.30 | 1071.40 | 1480.60 | 1406.50 | 1557.60 | 1549.40 | 1289.20 | 1317.10 | 1103.50 | 1397.00 | 1248.70 | 1068.50 |
| 1979 | 1077.50 | 1148.70 | 1483.80 | 1304.60 | 1373.00 | 1183.80 | 1164.40 | 1207.20 | 1029.60 | 1197.60 | 1018.60 | 959.70 |
| 1980 | 1042.00 | 1038.70 | 1141.90 | 946.60 | 893.80 | 932.70 | 1006.60 | 884.20 | 847.40 | 1043.40 | 870.50 | 821.40 |
| 1981 | 814.30 | 949.20 | 1178.80 | 962.90 | 933.10 | 942.70 | 896.90 | 1009.00 | 864.80 | 822.00 | 743.00 | 673.20 |
| 1982 | 714.40 | 840.50 | 1057.30 | 877.20 | 1020.20 | 868.40 | 827.40 | 794.00 | 891.10 | 840.90 | 971.50 | 839.30 |
| 1983 | 789.30 | 821.60 | 1102.00 | 1012.30 | 1109.90 | 1205.40 | 1051.70 | 993.10 | 980.40 | 1126.00 | 1050.20 | 1054.00 |
| 1984 | 1056.90 | 1158.90 | 1351.50 | 1245.80 | 1451.70 | 1315.90 | 1237.20 | 1129.60 | 1053.40 | 1266.50 | 1141.10 | 1074.80 |
| 1985 | 1196.60 | 1210.60 | 1391.00 | 1380.30 | 1498.90 | 1332.90 | 1337.60 | 1345.80 | 1463.50 | 1243.20 | 1120.90 | 1198.80 |
| 1986 | 1213.80 | 1182.20 | 1297.60 | 1390.10 | 1530.30 | 1426.50 | 1378.00 | 1344.10 | 1733.60 | 1270.60 | 1119.90 | 1431.10 |
| 1987 | 918.90 | 1148.40 | 1381.70 | 1385.30 | 1298.50 | 1419.60 | 1355.80 | 1400.60 | 1300.50 | 1193.20 | 1110.70 | 1249.20 |
| 1988 | 1122.50 | 1308.80 | 1505.00 | 1333.50 | 1455.40 | 1483.10 | 1302.80 | 1317.00 | 1223.20 | 1249.90 | 1191.10 | 1285.20 |
| 1989 | 1084.20 | 1127.30 | 1337.60 | 1354.80 | 1438.40 | 1329.20 | 1279.10 | 1441.90 | 1263.80 | 1116.90 | 1047.60 | 1011.90 |
| 1990 | 1161.30 | 1073.40 | 1295.20 | 1226.30 | 1332.10 | 1306.10 | 1244.40 | 1196.90 | 1144.80 | 1169.00 | 1000.50 | 987.20 |
| 1991 | 839.30 | 927.50 | 1103.10 | 1059.60 | 1174.00 | 1175.30 | 1185.20 | 1063.00 | 1062.20 | 1047.60 | 932.10 | 961.50 |
| 1992 | 867.80 | 988.50 | 1128.40 | 1144.90 | 1169.70 | 1297.00 | 1158.20 | 1065.20 | 1095.40 | 1132.20 | 988.60 | 1070.70 |
| 1993 | 915.30 | 976.10 | 1228.90 | 1273.50 | 1342.20 | 1383.10 | 1266.90 | 1158.80 | 1164.60 | 1182.50 | 1140.90 | 1152.70 |
| 1994 | 1045.50 | 1170.90 | 1472.20 | 1337.90 | 1382.10 | 1479.60 | 1219.50 | 1329.30 | 1252.10 | 1291.80 | 1197.90 | 1218.90 |
| 1995 | 1031.50 | 1128.70 | 1403.30 | 1216.00 | 1427.50 | 1477.20 | 1255.30 | 1365.20 | 1214.40 | 1226.00 | 1169.10 | 1202.60 |
| 1996 | 1050.60 | 1237.90 | 1404.40 | 1359.30 | 1522.90 | 1404.20 | 1317.30 | 1333.40 | 1231.40 | 1296.60 | 1146.40 | 1151.80 |
| 1997 | 1114.60 | 1177.40 | 1425.90 | 1310.30 | 1435.80 | 1355.00 | 1376.60 | 1348.20 | 1238.50 | 1282.00 | 1146.10 | 1287.70 |
| 1998 | 1044.10 | 1173.00 | 1405.50 | 1390.90 | 1543.90 | 1606.60 | 1264.90 | 1265.10 | 1314.40 | 1407.50 | 1176.40 | 1375.00 |
| 1999 | 1123.70 | 1325.70 | 1580.20 | 1451.70 | 1632.60 | 1651.40 | 1529.00 | 1523.60 | 1442.50 | 1396.80 | 1317.20 | 1440.60 |
| 2000 | 1239.30 | 1539.30 | 1713.00 | 1538.90 | 1664.90 | 1662.70 | 1468.60 | 1578.80 | 1506.30 | 1367.70 | 1260.90 | 1271.20 |
| 2001 | 1196.30 | 1381.50 | 1627.80 | 1377.00 | 1635.20 | 1652.20 | 1374.60 | 1478.20 | 1312.50 | 1753.20 | 1347.90 | 1336.10 |
| 2002 | 1130.00 | 1328.76 | 1541.22 | 1471.80 | 1538.50 | 1563.94 | 1552.00 | 1734.96 | 1250.99 | 1331.09 | 1227.56 | 1467.71 |
| 2003 | 1108.28 | 1237.62 | 1474.82 | 1436.73 | 1601.14 | 1502.33 | 1538.78 | 1656.17 | 1329.50 | 1333.50 | 1285.36 | 1463.26 |
| 2004 | 1149.67 | 1303.72 | 1540.32 | 1455.64 | 1660.85 | 1480.76 | 1589.17 | 1463.41 | 1470.08 | 1370.09 | 1231.20 | 1583.60 |
| 2005 | 1095.85 | 1286.07 | 1615.98 | 1542.05 | 1537.32 | 1720.01 | 1845.71 | 1524.16 | 1366.93 | 1184.16 | 1200.79 | 1525.71 |
| 2006 | 1176.16 | 1298.13 | 1576.65 | 1489.80 | 1533.71 | 1545.27 | 1531.11 | 1530.01 | 1394.22 | 1260.63 | 1236.58 | 1476.41 |
| 2007 | 1124.22 | 1285.14 | 1574.88 | 1365.96 | 1590.26 | 1481.21 | 1331.02 | 1500.39 | 1335.81 | 1256.53 | 1200.51 | 1414.15 |
| 2008 | 1063.41 | 1196.43 | 1378.60 | 1273.00 | 1420.48 | 1212.54 | 1156.00 | 1269.11 | 984.59 | 859.03 | 763.94 | 916.12 |
| 2009 | 670.47 | 701.64 | 872.85 | 832.59 | 938.41 | 874.87 | 1011.77 | 1274.68 | 759.63 | 853.94 | 761.86 | 1049.27 |
| 2010 | 712.47 | 793.36 | 1083.95 | 997.33 | 1117.57 | 1000.46 | 1065.75 | 1011.56 | 973.95 | 965.14 | 888.08 | 1162.90 |
| 2011 | 836.37 | 1007.08 | 1276.84 | 1173.52 | 1081.27 | 1071.23 | 1086.06 | 1094.48 | 1076.04 | 1048.26 | 1028.77 | 1268.46 |
| 2012 | 938.17 | 1175.82 | 1434.00 | 1204.47 | 1369.49 | 1310.16 | 1171.81 | 1305.34 | 1206.18 | 1119.15 | 1169.80 | 1375.08 |
| 2013 | 1065.80 | 1217.86 | 1479.43 | 1313.77 | 1473.28 | 1425.80 | 1335.83 | 1527.48 | 1152.81 | 1235.53 | 1271.45 | 1383.68 |
| 2014 | 1043.02 | 1221.37 | 1562.75 | 1408.23 | 1644.37 | 1451.81 | 1473.96 | 1607.32 | 1272.04 | 1312.33 | 1324.12 | 1538.53 |

```
> plot(series_sales_cars)
```



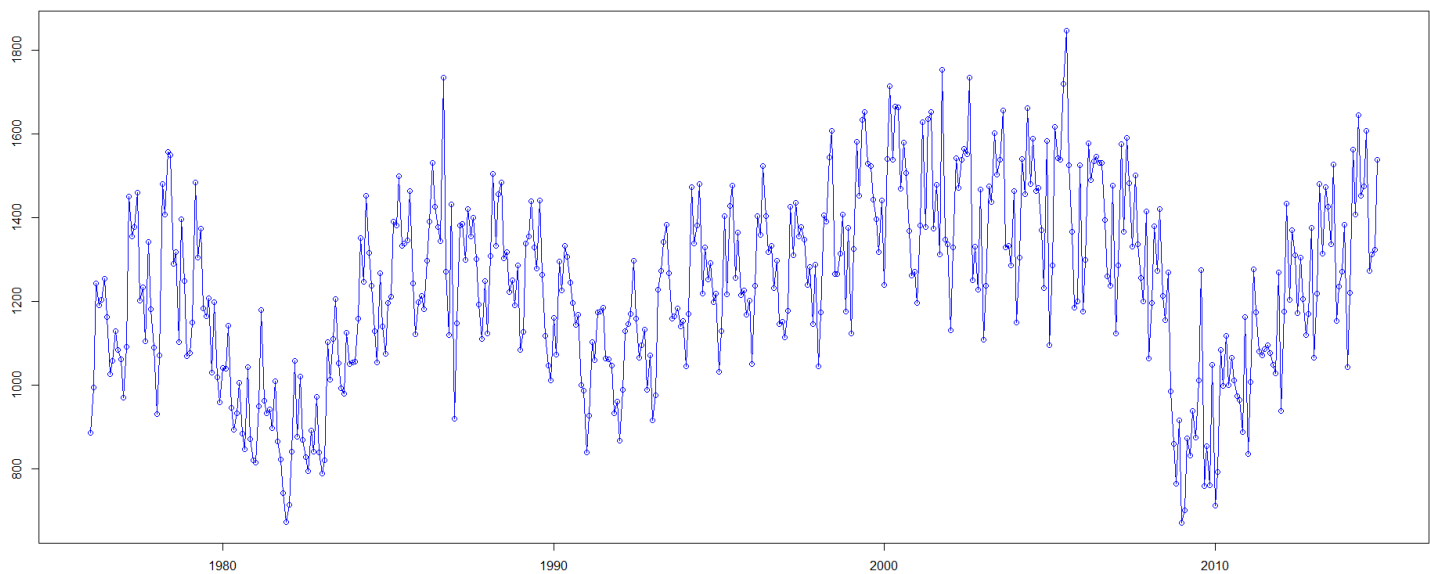
En utilisant le package itsmr for Time Series pour un résultat claire.

```
> require(it-smr)
```

```
Le chargement a nécessité le package : itsmr
```

```
> plotc(series_sales_cars)
```

```
> |
```



Q4) Analyse qualitative de la série :

1 - La saisonnalité :

-d'après la représentation graphique de la série on constate la présence d'une saisonnalité claire .

-Voici les valeurs estimées des composantes saisonnières :

```
> series_sales_carscomponents=decompose(series_sales_cars)
> series_sales_carscomponents$seasonal
```

| | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec |
|------|------------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| 1976 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 1977 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 1978 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 1979 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 1980 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 1981 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 1982 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 1983 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 1984 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 1985 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 1986 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 1987 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 1988 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 1989 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 1990 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 1991 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 1992 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 1993 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 1994 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 1995 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 1996 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 1997 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 1998 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 1999 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 2000 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 2001 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 2002 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 2003 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 2004 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 2005 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 2006 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 2007 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 2008 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 2009 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 2010 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 2011 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 2012 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 2013 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |
| 2014 | -216.38516 | -96.92972 | 141.90318 | 42.66253 | 150.14541 | 118.64246 | 42.24754 | 59.59279 | -42.17727 | -31.95677 | -127.89295 | -39.85203 |

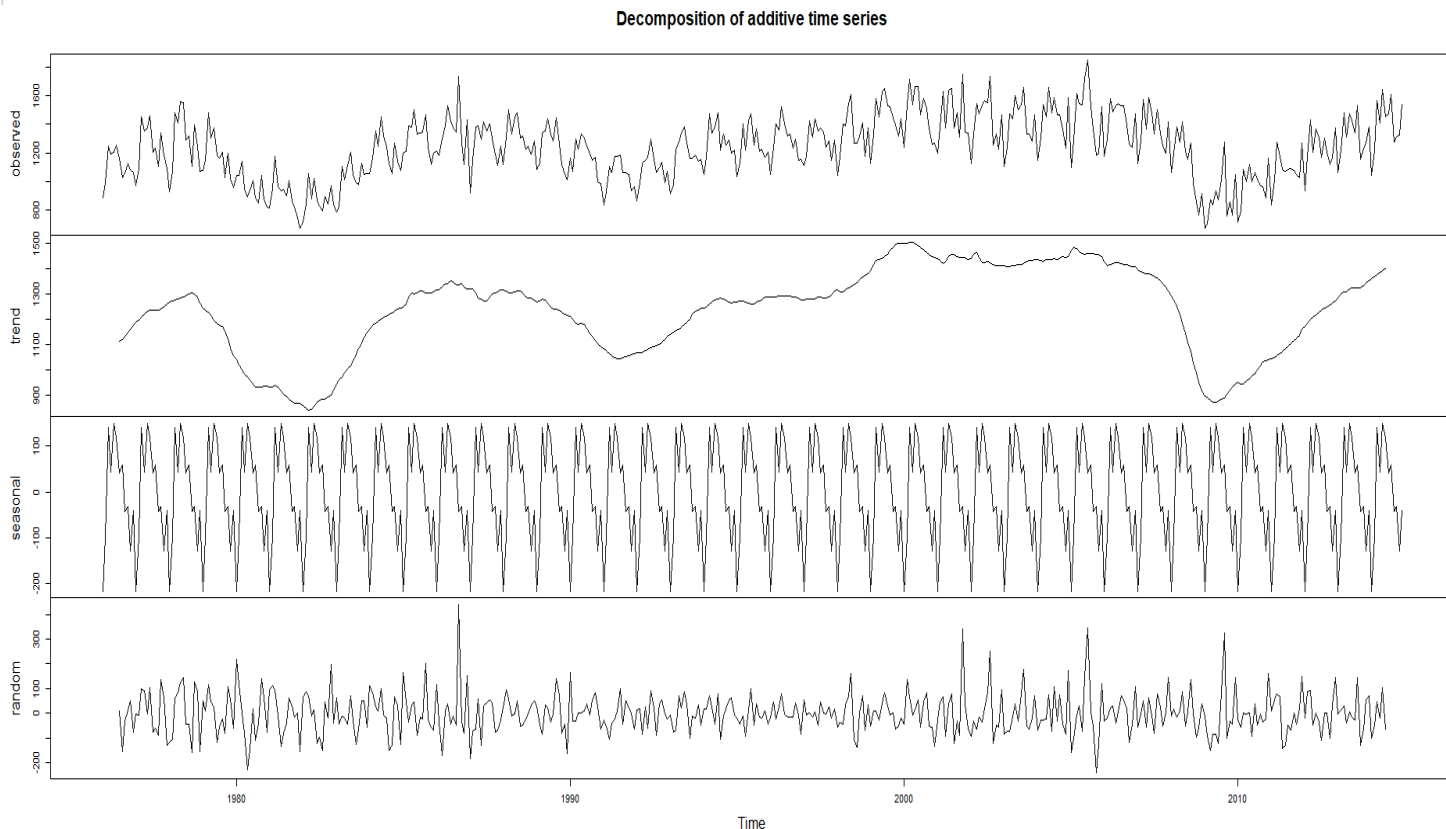
→ Les facteurs saisonniers estimés sont donnés pour les mois de janvier à décembre et sont les mêmes pour chaque année.

→ Interprétation :

Le facteur saisonnier le plus important correspond à mai (environ 150.14) et le plus faible à janvier (environ -216.385), ce qui indique qu'il semble y avoir un pic des ventes en mai et un creux des ventes en janvier de chaque année.

Visualisons les différents composants de notre série :

```
> plot(series_sales_carscomponents)
>
```



Analyse de Graphe :

Le graphique ci-dessus montre la série chronologique d'origine (en haut), la composante de tendance estimée (deuxième à partir du haut), la composante saisonnière estimée (troisième à partir du haut) et la composante irrégulière estimée (en bas).

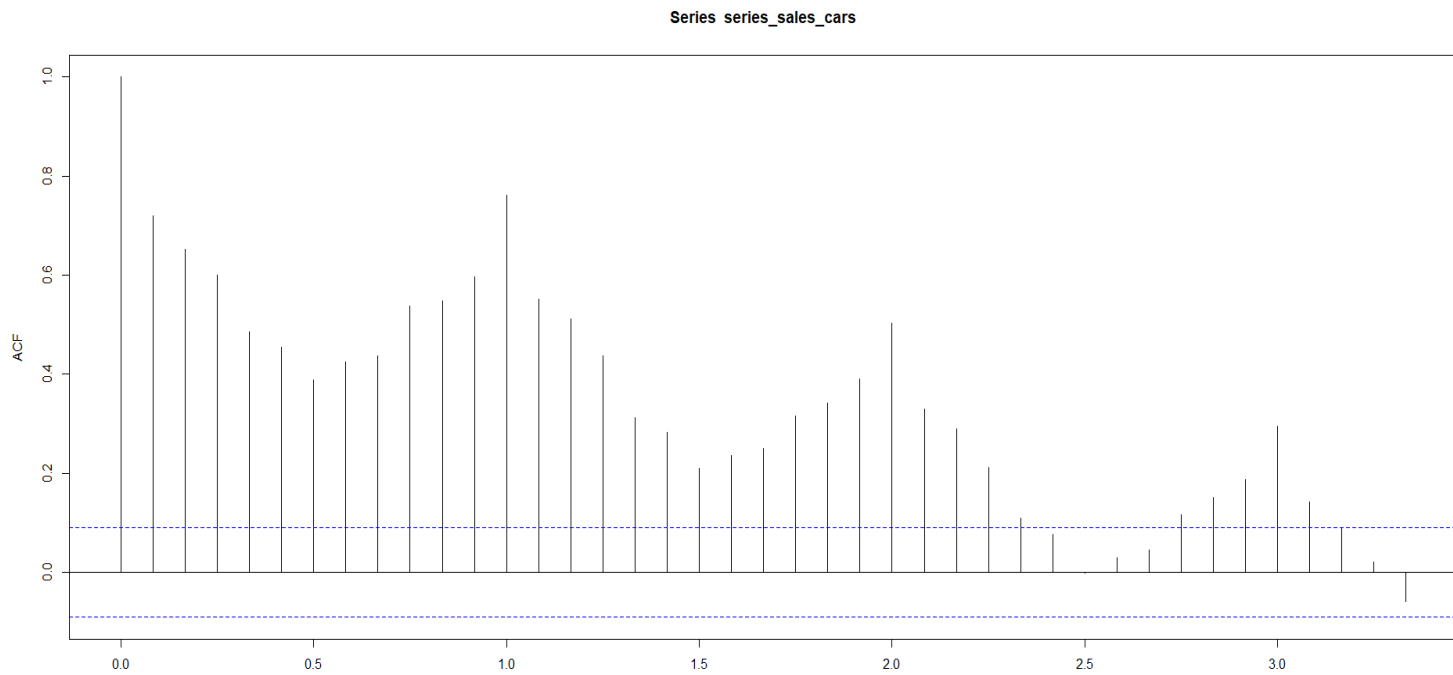
2- La tendance :

Le nombre de vente totale a connue des changements intéressants durant ses années en effet il a connu une augmentation entre 1995 et 2004, après il a connu une phase presque stationnaire entre 2004 et à peu près 2007, afin de déminuer jusqu'à 2010. Après il a fait augmenter jusqu'à 2017.

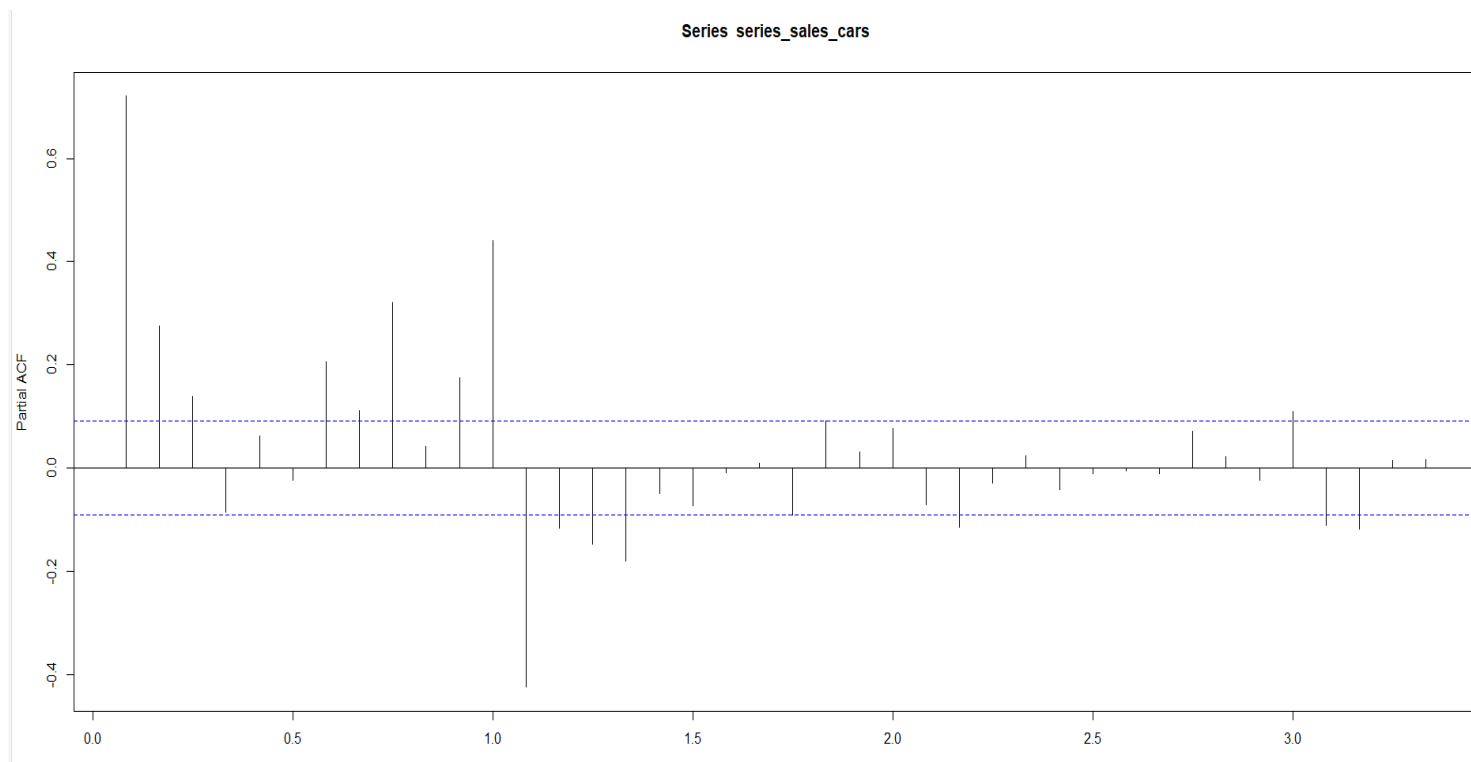
Q5)_Analyse des corrélogrammes simple et partiel de la série :

```
> acf(series_sales_cars, lag.max=40)
> pacf(series_sales_cars, lag.max=40)
```

→Corrélogramme Simple (ACF) :



→Corrélogramme Partiel (PACF) :



Interprétations :

→ Stationnarité de la série :

-On voit clairement que Les coefficients d'autocorrélation simples décroissent lentement, de manière linéaire, ce qui prouve la non stationnarité de la série.

-test de Dickey Fuller :

```
> adf.test(series_sales_cars)

Augmented Dickey-Fuller Test

data: series_sales_cars
Dickey-Fuller = -3.4206, Lag order = 7, p-value = 0.05012
alternative hypothesis: stationary

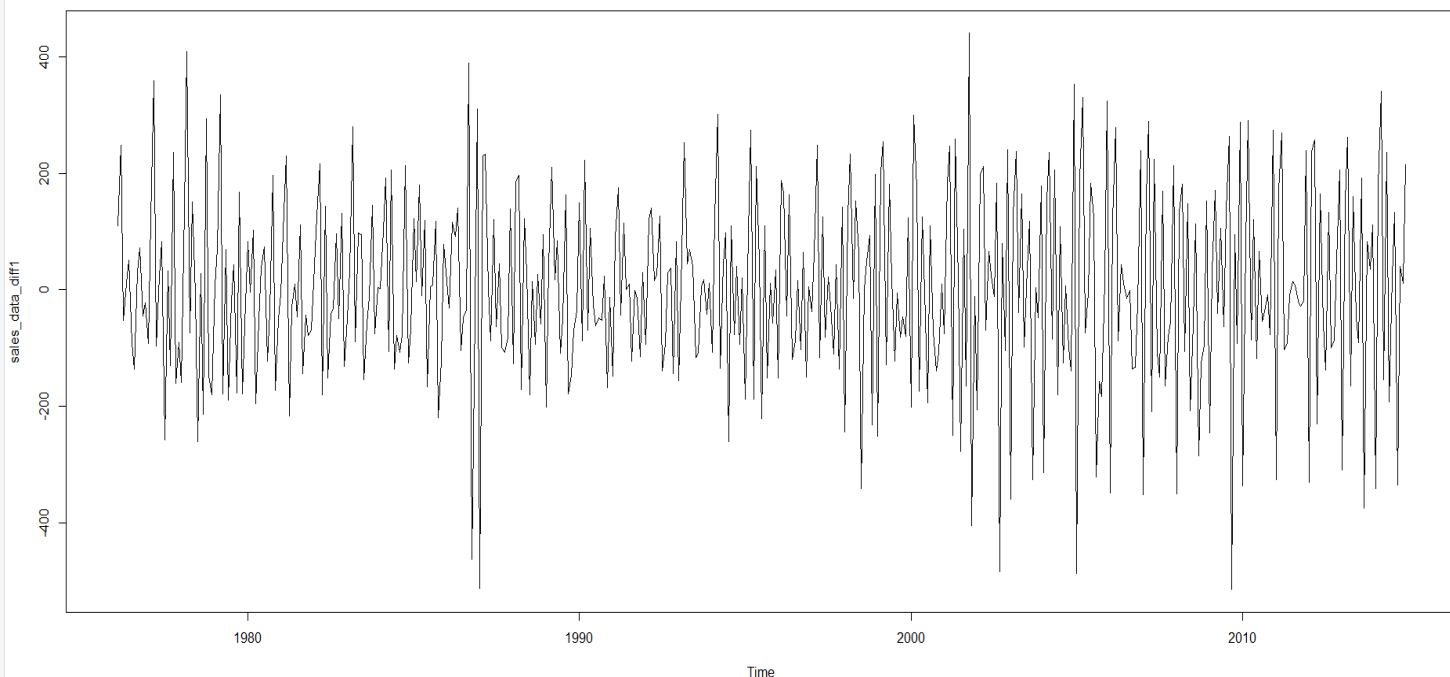
> |
```

Puisque $p\text{-value}=0.05012 > 0.05$ donc on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle ce qui confirme la non stationnarité de notre série.

(j'ai essayé de tester ce test de Dickey Fuller sur toute la série contenant toutes les données, j'ai obtenu un $p\text{-value}=0.32 > 0.05$) juste pour confirmer.

→ Alors tout d'abord on va rendre notre série stationnaire par différenciation afin d'appliquer la méthode de Box et Jenkins.

```
> sales_data_diff1 <- diff(series_sales_cars, differences=1)
> plot(sales_data_diff1)
> |
```



Testons que la série différentier une seul fois est bien stationnaire :

Test de Dickey Fuller :

```
> adf.test(sales_data_diff1)

Augmented Dickey-Fuller Test

data: sales_data_diff1
Dickey-Fuller = -16.018, Lag order = 7, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```

p value=0.01<<0.05 donc on rejette l'hypothèse nulle et par la suite la série est bien stationnaire. (Voila maintenant on sait que d=1).

Q6)

La méthode de Box et Jenkins repose sur quatre étapes :

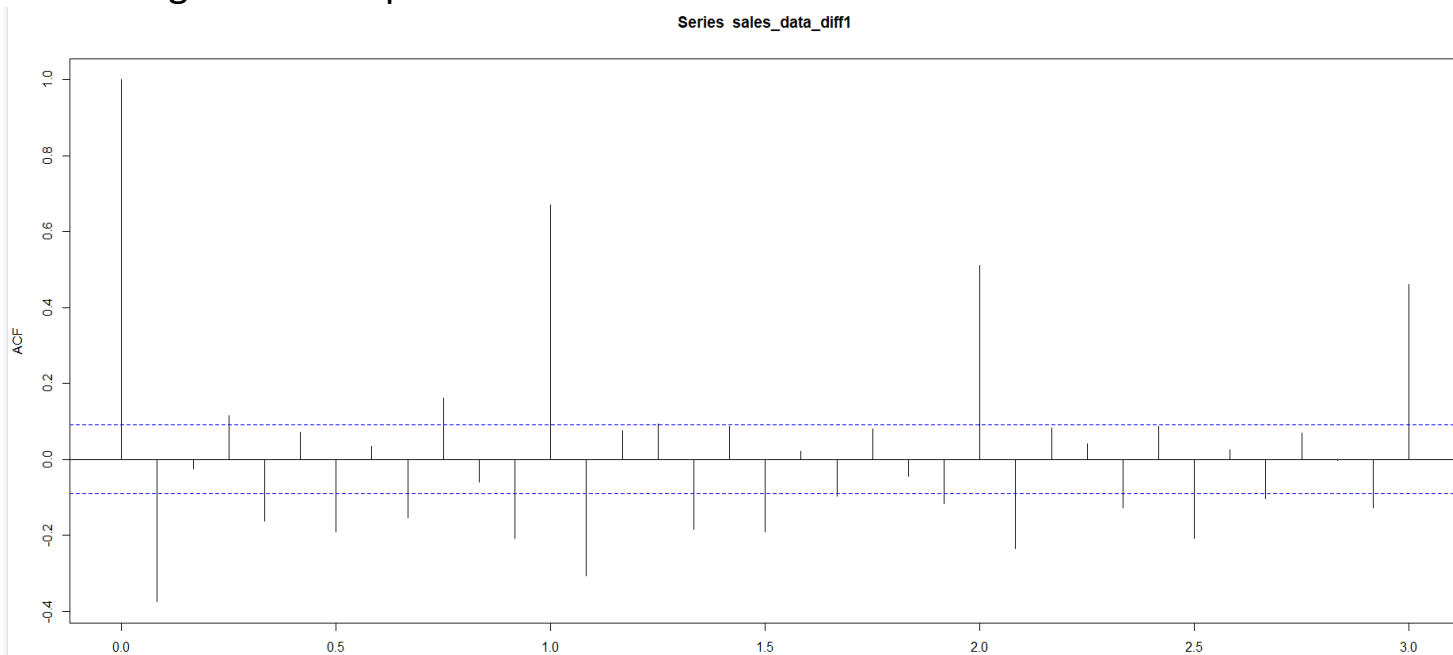
- ✓ Identification
- ✓ Estimation
- ✓ Validation
- ✓ Prévision

I. Identification :

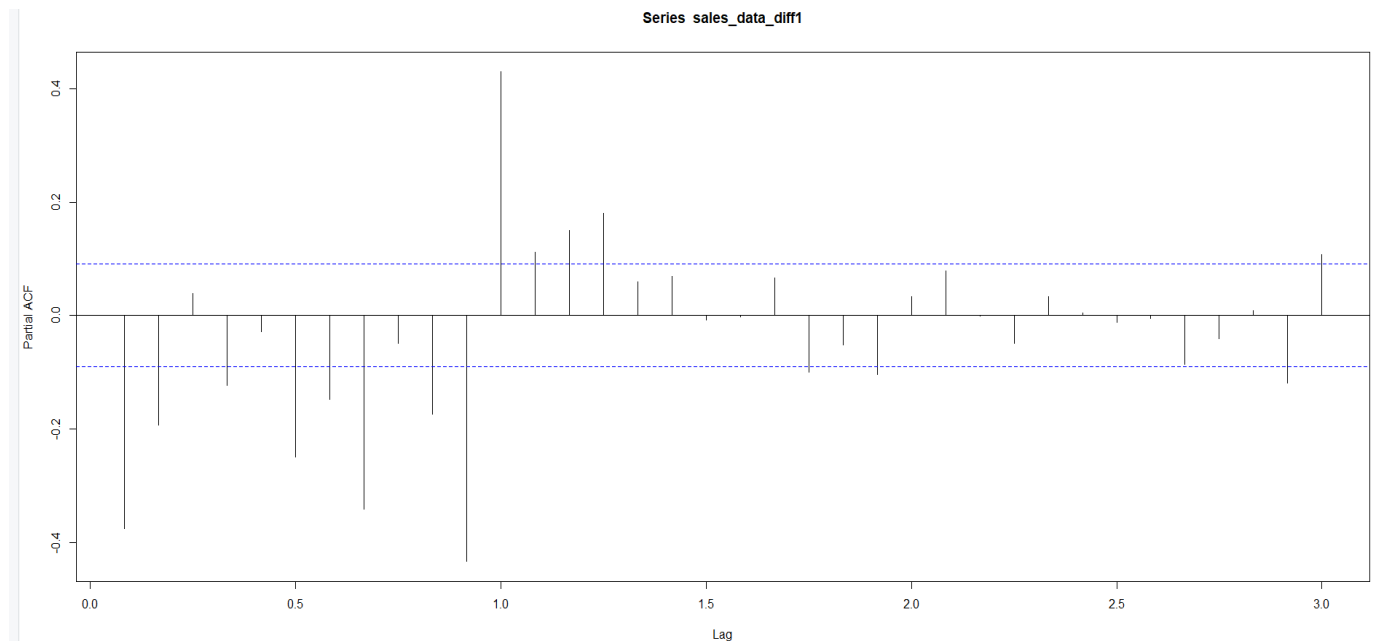
Affichons les corrélogrammes simples et partiel de la série ainsi stationnarisé afin d'identifier le modèle convenable.

```
> acf(sales_data_diff1, lag.max=36)
> pacf(sales_data_diff1, lag.max=36)
> |
```

→corrélogramme simple :



→Corrélogramme partiel :



-> le corrélogramme d'autocorrélation simple de la série stationnaire on voit bien qu'il y a 2 pics après il s'annule. de même pour le corrélogramme partiel on constate qu'il y a juste 2 pics. Donc on pourra dire qu'il s'agit d'un ARIMA(2,1,2).

[mais il faut bien vérifier la significativité des coefficients pour trancher sur le modèle final]

Pour cela on va utiliser la fonction `auto.arima` de `rstudio` afin d'identifier le modèle ainsi d'estimer les coefficients.

II. Estimation :

```
> auto.arima(series_sales_cars,d=1,stepwise = FALSE,approximation = FALSE,trace = TRUE)
```

```
ARIMA(0,1,0)(0,1,0)[12] : 5713.895
ARIMA(0,1,0)(0,1,1)[12] : 5598.8
ARIMA(0,1,0)(0,1,2)[12] : 5572.472
ARIMA(0,1,0)(1,1,0)[12] : 5679.669
ARIMA(0,1,0)(1,1,1)[12] : 5577.109
ARIMA(0,1,0)(1,1,2)[12] : 5574.503
ARIMA(0,1,0)(2,1,0)[12] : 5645.711
ARIMA(0,1,0)(2,1,1)[12] : 5569.932
ARIMA(0,1,0)(2,1,2)[12] : 5567.055
ARIMA(0,1,1)(0,1,0)[12] : 5584.896
ARIMA(0,1,1)(0,1,1)[12] : 5461.381
ARIMA(0,1,1)(0,1,2)[12] : 5439.376
ARIMA(0,1,1)(1,1,0)[12] : 5542.387
ARIMA(0,1,1)(1,1,1)[12] : 5442.007
ARIMA(0,1,1)(1,1,2)[12] : 5441.396
ARIMA(0,1,1)(2,1,0)[12] : 5507.59
ARIMA(0,1,1)(2,1,1)[12] : 5439.705
ARIMA(0,1,1)(2,1,2)[12] : 5440.207
ARIMA(0,1,2)(0,1,0)[12] : 5581.392
ARIMA(0,1,2)(0,1,1)[12] : 5462.353
ARIMA(0,1,2)(0,1,2)[12] : 5438.496
ARIMA(0,1,2)(1,1,0)[12] : 5542.208
ARIMA(0,1,2)(1,1,1)[12] : 5441.427
ARIMA(0,1,2)(1,1,2)[12] : 5440.494
ARIMA(0,1,2)(2,1,0)[12] : 5508.429
ARIMA(0,1,2)(2,1,1)[12] : 5438.42
ARIMA(0,1,3)(0,1,0)[12] : 5583.219
ARIMA(0,1,3)(0,1,1)[12] : 5461.618
ARIMA(0,1,3)(0,1,2)[12] : 5438.818
ARIMA(0,1,3)(1,1,0)[12] : 5542.177
```

```

ARIMA(3,1,2)(0,1,0)[12] : 5585.238
ARIMA(4,1,0)(0,1,0)[12] : 5586.68
ARIMA(4,1,0)(0,1,1)[12] : 5464.047
ARIMA(4,1,0)(1,1,0)[12] : 5547.995
ARIMA(4,1,1)(0,1,0)[12] : 5585.238
ARIMA(5,1,0)(0,1,0)[12] : 5586.303

```

Best model: ARIMA(0,1,2)(2,1,1)[12]

Series: series_sales_cars
ARIMA(0,1,2)(2,1,1)[12]

Coefficients:

| | ma1 | ma2 | sar1 | sar2 | sma1 |
|------|---------|---------|--------|---------|---------|
| | -0.5744 | -0.0874 | 0.2610 | -0.1194 | -0.8432 |
| s.e. | 0.0487 | 0.0473 | 0.0576 | 0.0524 | 0.0386 |

sigma^2 = 8695: log likelihood = -2713.12
AIC=5438.23 AICC=5438.42 BIC=5462.95

Alors la méthode `auto.arima` a essayé de vérifier tout les modèles possibles pour notre série afin de nous génèrent le meilleur parmi eux. Qui est plutôt : **SARIMA(0,1,2)(2,1,1)[12]**

Alors $p=0, q=2, d=1, P=2, D=1, Q=1, s=12$.

III.Validation :

- Analysons les résidus :

```

> plot(fitt_arima)
> checkresiduals(fitt_arima)

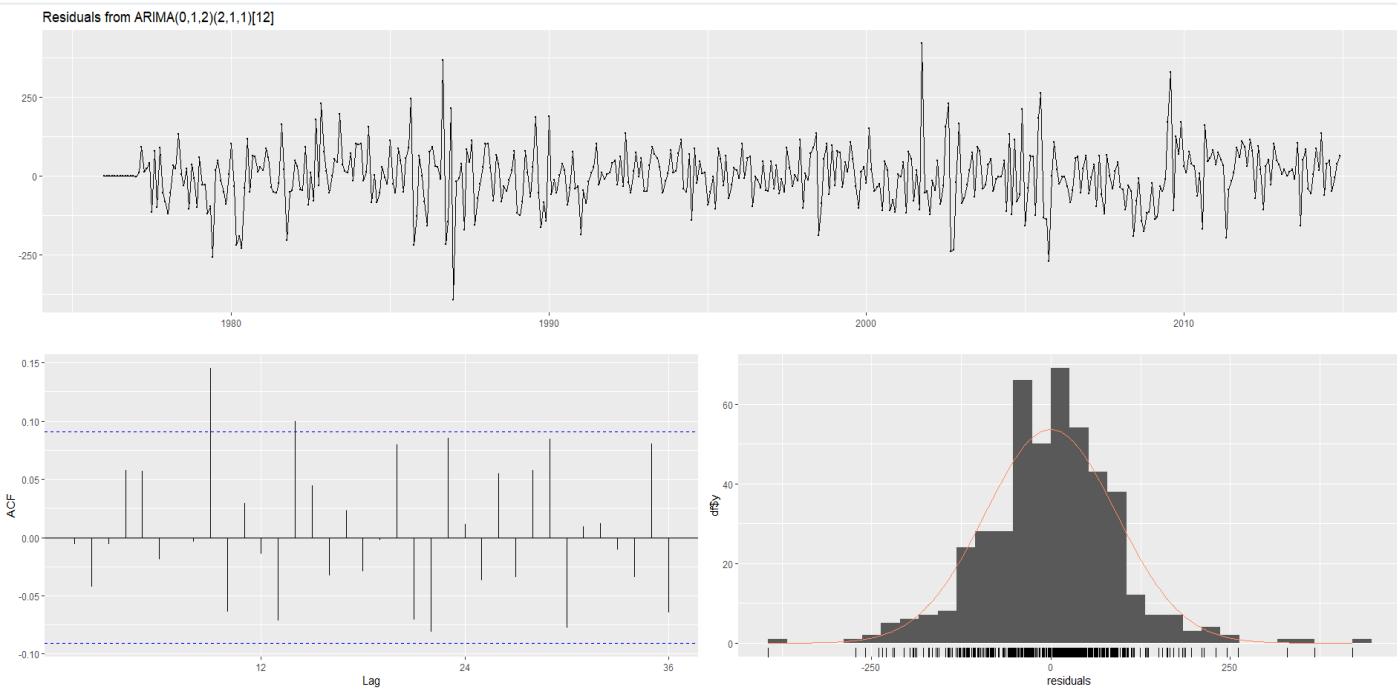
```

Ljung-Box test

data: Residuals from ARIMA(0,1,2)(2,1,1)[12]
Q* = 38.668, df = 19, p-value = 0.004874

Model df: 5. Total lags used: 24

```
> |
```



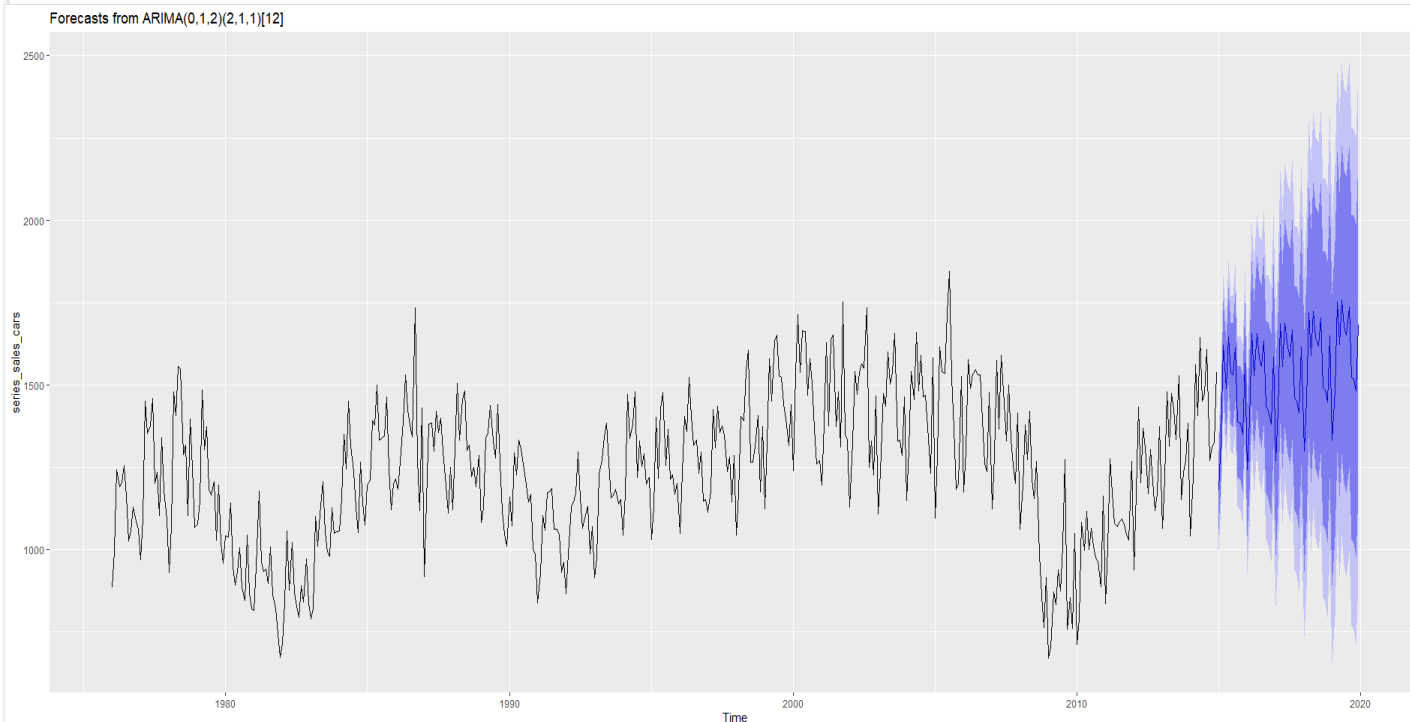
Interprétation :

+) la moyenne est bien nulle. Et la variance constant Et concernant l'autocorrélation on pourra dire qu'il est bon de fait que seulement deux lignes qui sort de limites .

donc on pourra dire que les résidus suivent un bruit blanc.

IV. Préviation :

```
> prev=forecast(fitt_arima,h=60)
> autoplot(prev)
>
```



→voici les valeurs de prévision de notre modèle de 5ans (entre 2015-2019)

```
Forecasts:
Point Forecast      Lo 80      Hi 80      Lo 95      Hi 95
Jan 2015      1180.260      1060.7615      1299.759      997.5026      1363.018
Feb 2015      1335.427      1205.5544      1465.299      1136.8042      1534.049
Mar 2015      1621.999      1485.9815      1758.016      1413.9783      1830.019
Apr 2015      1489.899      1348.0022      1631.795      1272.8867      1706.911
May 2015      1647.538      1499.9966      1795.080      1421.8926      1873.184
Jun 2015      1535.911      1382.9323      1688.890      1301.9502      1769.872
Jul 2015      1530.012      1371.7826      1688.241      1288.0212      1772.002
Aug 2015      1613.577      1450.2660      1776.887      1363.8145      1863.339
Sep 2015      1389.557      1221.3179      1557.796      1132.2576      1646.856
Oct 2015      1383.885      1210.8586      1556.912      1119.2638      1648.507
Nov 2015      1351.967      1174.2809      1529.652      1080.2198      1623.713
Dec 2015      1567.830      1385.6044      1750.055      1289.1400      1846.520
Jan 2016      1242.683      1039.2939      1446.073      931.6259      1553.741
Feb 2016      1393.401      1180.8685      1605.934      1068.3604      1718.442
Mar 2016      1656.145      1436.0219      1876.269      1319.4956      1992.795
Apr 2016      1528.566      1301.1057      1756.027      1180.6952      1876.438
May 2016      1656.574      1422.0054      1891.143      1297.8321      2015.316
Jun 2016      1583.383      1341.9155      1824.851      1214.0902      1952.676
Jul 2016      1556.782      1308.6073      1804.957      1177.2315      1936.333
Aug 2016      1634.309      1379.6040      1889.015      1244.7711      2023.848
Sep 2016      1434.623      1173.5504      1695.696      1035.3469      1833.899
Oct 2016      1422.022      1154.7332      1689.310      1013.2393      1830.804
Nov 2016      1381.576      1108.2136      1654.939      963.5041      1799.649
Dec 2016      1585.623      1306.3184      1864.928      1158.4632      2012.784
Jan 2017      1271.223      982.0742      1560.371      829.0082      1713.437
Feb 2017      1423.547      1127.2363      1719.857      970.3789      1876.715
Mar 2017      1686.614      1383.6329      1989.595      1223.2446      2149.983
Apr 2017      1557.539      1248.0315      1867.047      1084.1882      2030.890
May 2017      1687.183      1371.2838      2003.082      1204.0568      2170.309
Jun 2017      1614.363      1292.1988      1936.527      1121.6553      2107.071
Jul 2017      1585.707      1257.3976      1914.017      1083.6010      2087.814
Aug 2017      1667.602      1333.2599      2001.944      1156.2698      2178.935
Sep 2017      1460.987      1120.7191      1801.255      940.5922      1981.382
Oct 2017      1452.062      1105.9704      1798.155      922.7604      1981.365
Nov 2017      1414.609      1062.7891      1766.429      876.5469      1952.671
Dec 2017      1615.399      1257.9431      1972.855      1068.7174      2162.080
```

| | | | | | |
|----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| Jan 2018 | 1299.849 | 933.4265 | 1666.272 | 739.4541 | 1860.244 |
| Feb 2018 | 1453.123 | 1079.9602 | 1826.286 | 882.4195 | 2023.827 |
| Mar 2018 | 1719.119 | 1339.6132 | 2098.624 | 1138.7152 | 2299.522 |
| Apr 2018 | 1589.114 | 1203.3704 | 1974.857 | 999.1702 | 2179.057 |
| May 2018 | 1722.722 | 1330.8395 | 2114.604 | 1123.3897 | 2322.053 |
| Jun 2018 | 1645.411 | 1247.4848 | 2043.337 | 1036.8355 | 2253.986 |
| Jul 2018 | 1618.690 | 1214.8102 | 2022.569 | 1001.0093 | 2236.370 |
| Aug 2018 | 1702.445 | 1292.6983 | 2112.192 | 1075.7916 | 2329.098 |
| Sep 2018 | 1491.117 | 1075.5864 | 1906.648 | 855.6176 | 2126.617 |
| Oct 2018 | 1483.979 | 1062.7438 | 1905.215 | 839.7551 | 2128.204 |
| Nov 2018 | 1448.324 | 1021.4600 | 1875.189 | 795.4917 | 2101.157 |
| Dec 2018 | 1649.675 | 1217.2550 | 2082.094 | 988.3459 | 2311.003 |
| Jan 2019 | 1332.542 | 890.8031 | 1774.282 | 656.9604 | 2008.124 |
| Feb 2019 | 1485.873 | 1037.2823 | 1934.463 | 799.8128 | 2171.933 |
| Mar 2019 | 1752.594 | 1297.5687 | 2207.619 | 1056.6929 | 2448.495 |
| Apr 2019 | 1622.525 | 1161.1549 | 2083.895 | 916.9204 | 2328.129 |
| May 2019 | 1756.972 | 1289.3429 | 2224.600 | 1041.7953 | 2472.148 |
| Jun 2019 | 1678.445 | 1204.6400 | 2152.249 | 953.8229 | 2403.067 |
| Jul 2019 | 1652.474 | 1172.5724 | 2132.375 | 918.5280 | 2386.419 |
| Aug 2019 | 1736.193 | 1250.2717 | 2222.115 | 993.0404 | 2479.346 |
| Sep 2019 | 1524.463 | 1032.5948 | 2016.331 | 772.2156 | 2276.710 |
| Oct 2019 | 1517.352 | 1019.6090 | 2015.096 | 756.1196 | 2278.585 |
| Nov 2019 | 1481.809 | 978.2591 | 1985.359 | 711.6958 | 2251.923 |
| Dec 2019 | 1683.695 | 1174.4038 | 2192.985 | 904.8015 | 2462.588 |

```
> nnav_forecast(fitt_arma_h=60)
```

→Voici les données réelles de ces 5 ans (dataset de validation) :

```
> data_sales_validation
      v1      v2
469 2015-01-01 1177.91
470 2015-02-01 1285.15
471 2015-03-01 1579.63
472 2015-04-01 1479.34
473 2015-05-01 1668.45
474 2015-06-01 1518.66
475 2015-07-01 1546.82
476 2015-08-01 1598.26
477 2015-09-01 1474.92
478 2015-10-01 1486.42
479 2015-11-01 1358.78
480 2015-12-01 1671.29
481 2016-01-01 1188.78
482 2016-02-01 1374.27
483 2016-03-01 1614.07
484 2016-04-01 1524.10
485 2016-05-01 1552.66
486 2016-06-01 1548.86
487 2016-07-01 1546.82
488 2016-08-01 1539.79
489 2016-09-01 1462.06
490 2016-10-01 1397.06
491 2016-11-01 1399.38
492 2016-12-01 1717.93
493 2017-01-01 1164.32
494 2017-02-01 1352.08
495 2017-03-01 1582.67
496 2017-04-01 1449.72
497 2017-05-01 1543.86
498 2017-06-01 1502.80
499 2017-07-01 1441.01
500 2017-08-01 1512.07
501 2017-09-01 1553.13
502 2017-10-01 1385.65
503 2017-11-01 1424.53
504 2017-12-01 1639.56
505 2018-01-01 1181.71
506 2018-02-01 1328.14
507 2018-03-01 1687.61
508 2018-04-01 1391.23
509 2018-05-01 1626.48
510 2018-06-01 1586.66
511 2018-07-01 1403.12
512 2018-08-01 1527.42
513 2018-09-01 1475.00
514 2018-10-01 1405.91
515 2018-11-01 1422.22
516 2018-12-01 1665.91
517 2019-01-01 1171.52
518 2019-02-01 1288.30
519 2019-03-01 1642.80
520 2019-04-01 1372.70
521 2019-05-01 1628.07
522 2019-06-01 1554.62
523 2019-07-01 1443.86
524 2019-08-01 1685.31
525 2019-09-01 1314.88
526 2019-10-01 1383.18
527 2019-11-01 1360.88
528 2019-12-01 1393.18
```

Conclusion :

Alors , on voit bien que les valeurs de prévision de 5 ans qu'on a trouvées sont plus proches des données réelles, par exemple pour le mois janvier de l'année 2015 le nombre réel total de ventes vaut 1177.91 contre 1180.216 qu'on a trouvées à partir de notre modèle. Cela nous confirme l'efficacité du modèle trouvé par la méthode de Box et Jenkins (l'erreur est bien minimale).
