Chapitre 10 : Forces et vitesse

Cours

A. Rappels de seconde

1. Description d'un mouvement

Il est facile de constater, à travers d'exemples de la vie quotidienne, que la description du mouvement d'un mobile dépend de l'observateur.
L'objet dont on étudie le mouvement est appelé système. Le mouvement d'un système doit toujours être décrit par rapport à un objet de référence, appelé référentiel.
Dans un référentiel donné, la trajectoire d'un système est l'ensemble de ses positions successives au coups du temps.
Pour visualiser une trajectoire on utilise la technique de chronophotographie : A intervalles de temps réguliers on prend une photographie et on superpose les différentes photographies.
Sur l'exemple ci-dessous (figure 1) on peut affirmer que la trajectoire est un arc de cercle car la distance entre O et M reste constante.

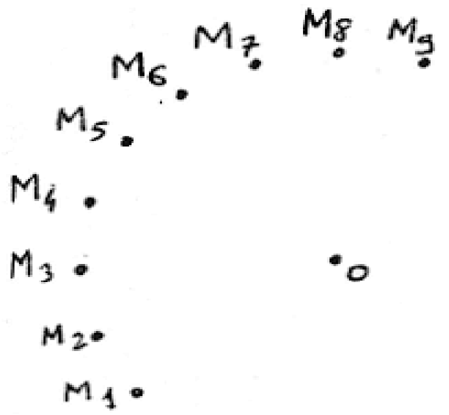


Figure 1

Les trajectoires les plus utilisées sont présentées sur la figure 2 ci-dessous.

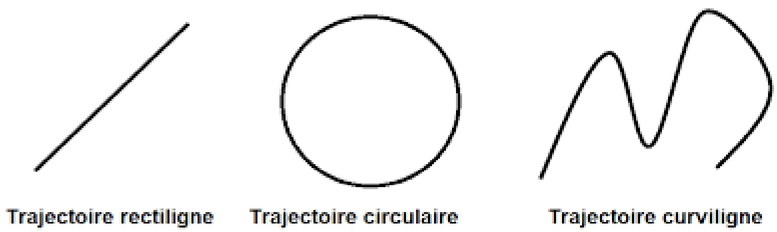


Figure 2

2. Vitesses

Considérons un mouvement quelconque (voir figure 3) sur la trajectoire $\mathcal{C}$.

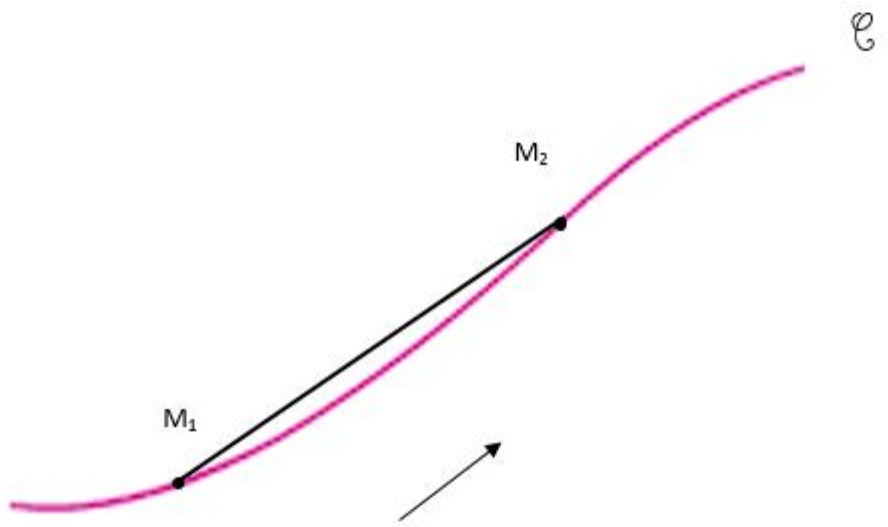


Figure 3

La vitesse moyenne entre les points M_1 (instant t_1) et M_2 (instant t_2)est par définition égale à la distance parcourue, le long de la trajectoire, entre les deux points divisée par la durée $\Delta t = t_2 - t_1$:

$$\boxed{v_{moy} = \frac{M_1\,M_2}{\Delta t}}$$

M_1M_2 : distance parcourue en mètres (m)
Δt : durée en secondes (s)
v_{moy} : vitesse moyenne en mètres par seconde ($m.s^{-1}$)

En principe la distance M_1M_2 est mesurée le long de la courbe, ce qui n'est pas toujours facile à évaluer, on se contente souvent de la distance mesurée en ligne droite.

Si Δt est petite le point M_2 est très proche du point M_1 , dans ce cas on parle de vitesse instantanée au point M_1 et on la note v_1.

Remarque
Les compteurs de vitesse des véhicules indiquent une vitesse instantanée.

3. Vecteurs vitesse

Sur la figure 4 ci-dessous sont représentée des vecteurs vitesse. Dans la partie supérieure de la photographie, un vecteur vitesse moyenne colinéaire et de même sens que le vecteur déplacement. Si les deux points sont très proches on parle de vecteur vitesse instantanée.

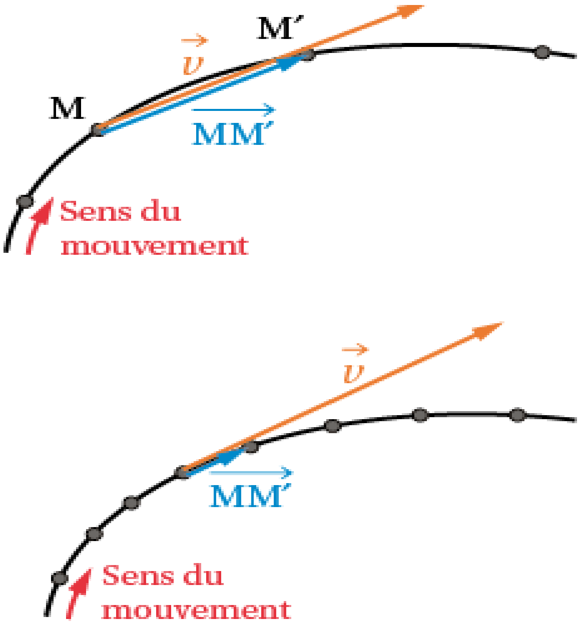


Figure 4

Le vecteur vitesse moyenne entre M et M' est défini par

$$\boxed{\overrightarrow{v_{moy}} = \frac{\overrightarrow{MM'}}{\Delta t}}$$

$\overrightarrow{MM'}$: vecteur déplacement entre M et M'
Δt : durée t' - t
$\overrightarrow{v_{moy}}$: vecteur vitesse moyenne entre M et M'

Le vecteur vitesse instantanée au point M est défini par

$$\boxed{\vec{v} = \frac{\overrightarrow{MM'}}{\Delta t}}$$

$\overrightarrow{MM'}$: petit vecteur déplacement entre M et M'
Δt : durée t' – t extrêmement petite
$\vec{v}$: vecteur vitesse instantanée au point M

Le vecteur variation de vitesse entre les deux instants t et t' est par définition égal au vecteur vitesse instantanée en t' moins le vecteur vitesse instantanée en t, soit

$$\boxed{\Delta\vec{v} = \vec{v}' - \vec{v}}$$

Dans nos activités on choisira la définition plus précise :

$$\boxed{\Delta\overrightarrow{v_1} = \overrightarrow{v_1} - \overrightarrow{v_{1-1}}}$$

Remarques
- On ne met pas les unités pour les vecteurs mais seulement pour leurs valeurs (normes).
-Le vecteur vitesse instantanée au point M est relié à la possibilité pour le mobile de partir en ligne droite si les forces appliquées étaient supprimées après le point M.
-La valeur de $\vec{v}$ est bien entendu égale à v.

3. Principe de l'inertie

Enoncé direct

Lorsque les forces qui s'exercent sur un système se compensent alors le vecteur vitesse $\vec{v}$ ne varie pas.

La formulation suivante est équivalente :

Lorsque les forces qui s'exercent sur un système se compensent, alors ce système reste immobile ou reste en mouvement rectiligne uniforme ($\vec{v} = \vec{0}$ ou $\vec{v}$ est un vecteur constant).

Réciproquement :

Si le vecteur vitesse $\vec{v}$ ne varie pas, alors le système est soumis à des forces qui se compensent.

Contraposée

Lorsque, entre deux instants voisins, le vecteur vitesse $\vec{v}$ varie, alors les forces qui s'exercent sur ce système ne se compensent pas.

Définition

Un référentiel est dit galiléen si le principe de l'inertie est vérifié dans celui-ci.

Exemple 1

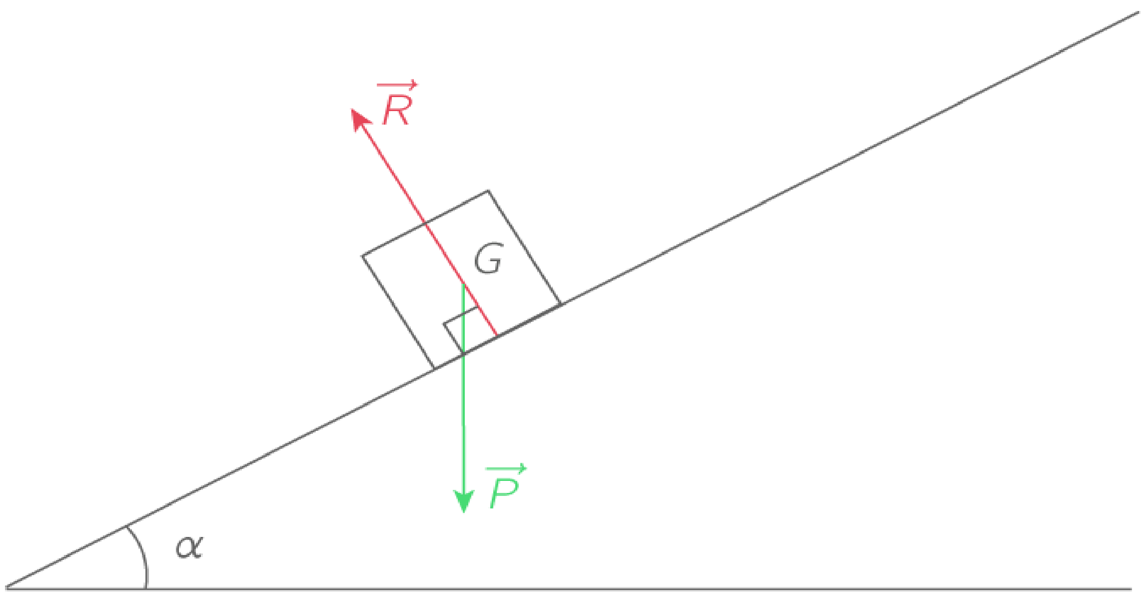


Figure 5

Sur la figure 5 ci-dessus un mobile descend sans frottements (surfaces lisses) un plan incliné. Les deux forces ne se compensent pas donc le mouvement rectiligne n'est pas uniforme (Il est accéléré).

Exemple 2

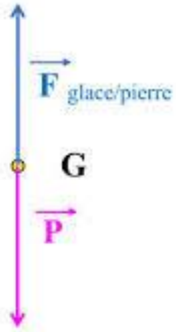


Figure 6

Sur la figure 6 ci-dessus un palet est soumis à des forces qui se compensent ($\vec{F}_{glace/pierre} = -\vec{P}$), alors le palet est soit immobile, soit en mouvement rectiligne uniforme.

Exemple 3

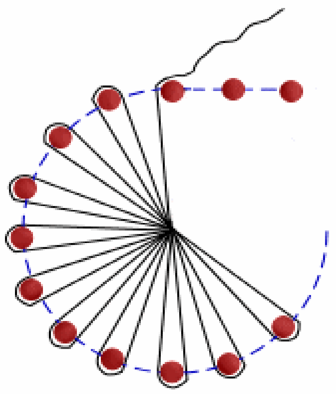


Figure 7

Sur la figure 7 ci-dessus une pierre est lancée avec une fronde. Avant de lâcher la pierre (partie rectiligne) le mouvement est circulaire et uniforme ; La pierre n'est ni immobile ni en mouvement rectiligne et uniforme par conséquent les forces ne se compensent pas. Si on néglige le poids de la pierre, il faut admettre l'existence d'une force exercée : c'est la force exercée par les fils de la fronde sur la pierre

B. Lien entre forces et vitesses

1. Effet d'une force sur un mouvement

En l'absence de forces, ou si les forces se compensent, le système est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme. C'est la 1° loi de Newton, appelé aussi principe d'inertie.

Si $\Sigma\,\vec{F} = \vec{0}$, alors $\Delta\vec{v} = \vec{0}$.

Ainsi, une force a pour effet de modifier la trajectoire et/ou la valeur de la vitesse d'un objet. Un ensemble de forces dont la résultante $\Sigma\,\vec{F}$ est non nulle est responsable de la variation du vecteur vitesse $\vec{v}$ du système.

Si $\Sigma\,\vec{F} \neq \vec{0}$, alors $\Delta\vec{v} \neq \vec{0}$.

2. Lien entre force et vitesse

Sur la figure 8 (voir ci-dessous) une fusée soumise à deux forces : La force de poussée $\vec{F}$ (due au moteur) et au poids $\vec{P}$ (du à la Terre). Les deux forces ne se compensent pas car F>P ; La résultante $\vec{P} + \vec{F}$ est verticale et orientée vers le haut. On constate que le mouvement est rectiligne et accéléré vers le haut : $\Delta\vec{v}$ est colinéaire et de même sens que $\vec{F}$.

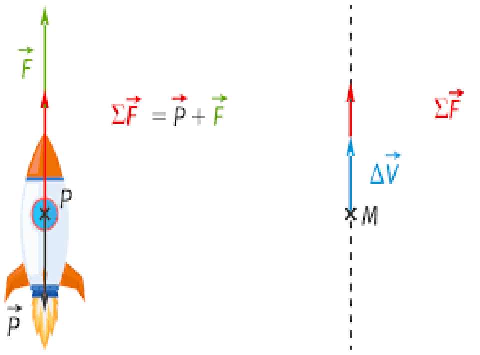


Figure 8

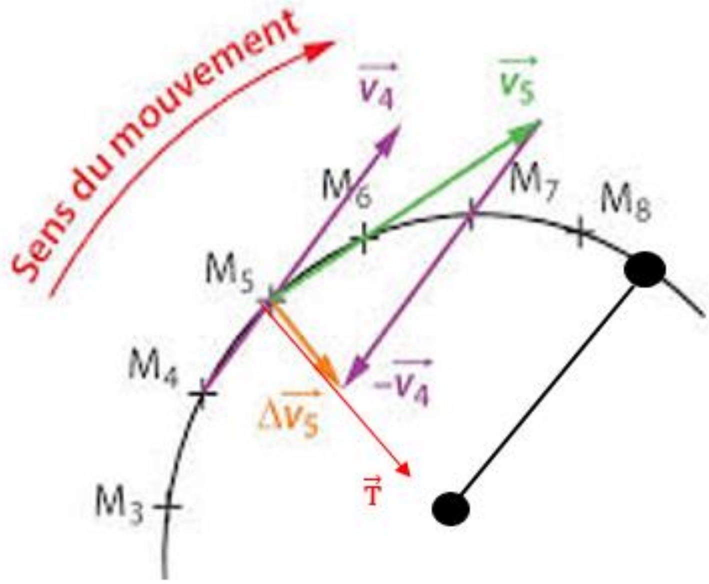


Figure 9

Sur la figure 9 un mobile autoporteur est en mouvement circulaire uniforme dans le référentiel Terrestre. Il tourne autour d'un deuxième « mobile » autoporteur qui lui reste fixe par rapport à la table, les deux « mobiles » sont reliés par un fil tendu, ce dernier exerce une force de tension $\vec{T}$ sur le mobile qui tourne. On constate que $\Delta\vec{v}$ est colinéaire et de même sens que $\vec{T}$.

On admettra la deuxième loi de Newton :

$$\boxed{m\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \Sigma\vec{F}}$$

m : masse du système en kilogrammes (kg)

$\Delta\vec{v}$: variation du vecteur vitesse avec $||\Delta\vec{v}||$ en mètres par second (m.s^{-1})

Δt : durée en secondes (s)

$\Sigma\vec{F}$: Résultante des forces avec $||\Sigma\vec{F}||$ en newtons (N)

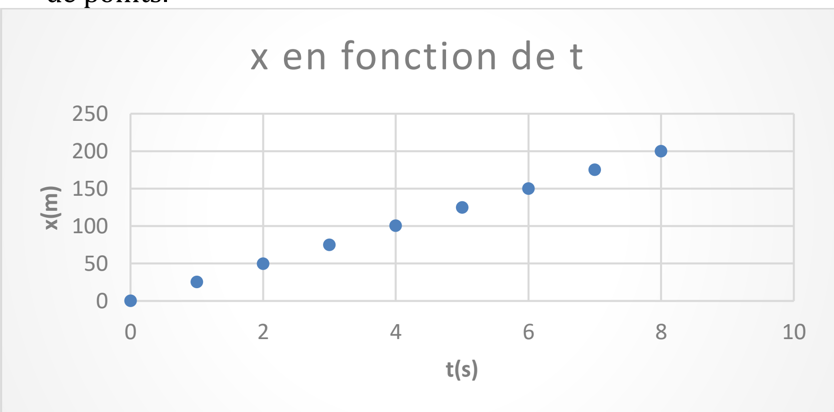
C. Utilisation de l'informatique

1. Programmes avec un tableur

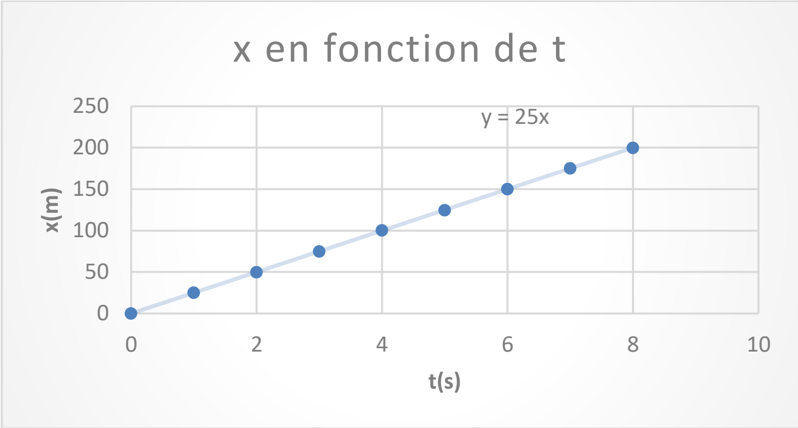
- On enregistre le mouvement d'une voiture de sport avec une caméra vidéo. Un logiciel de traitement vidéo donne alors la position x de la voiture en fonction du temps t.

t(s)	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
x(m)	0	25,2	49,8	74,8	100,3	124,7	150,1	175,3	199,8

1. Entrer ces valeurs dans le tableur. Tracer x en fonction de t en utilisant l'option nuage de points.



2. Modéliser le graphique par une droite passant par l'origine.



La position x(m) est proportionnelle au temps t(s). Le tableur donne x = 25 t.

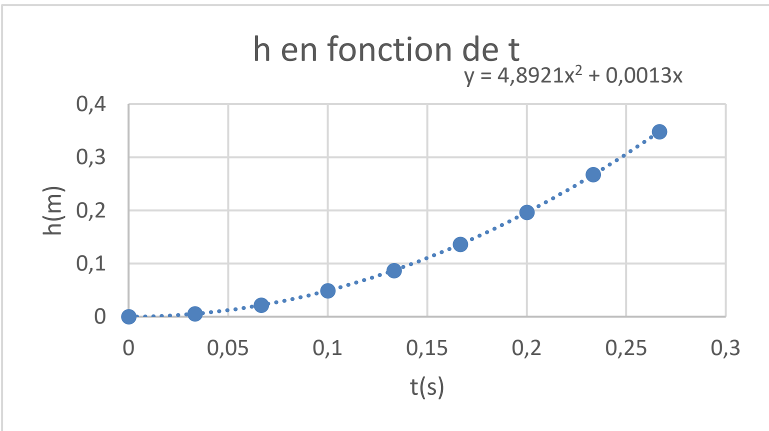
3. En déduire la vitesse de la voiture en m/s.
   La vitesse est ce coefficient de proportionnalité, soit v = 25 m/s.

-Une bille est lâchée dans l'air à l'instant t=0s au point O (h=0m). La chronophotographie de cette chute donne les positions de la bille à intervalles de temps égaux τ=1/30 de seconde.

t(s)	0								
h(m)	0	0,0054	0,022	0,049	0,087	0,136	0,196	0,267	0,348

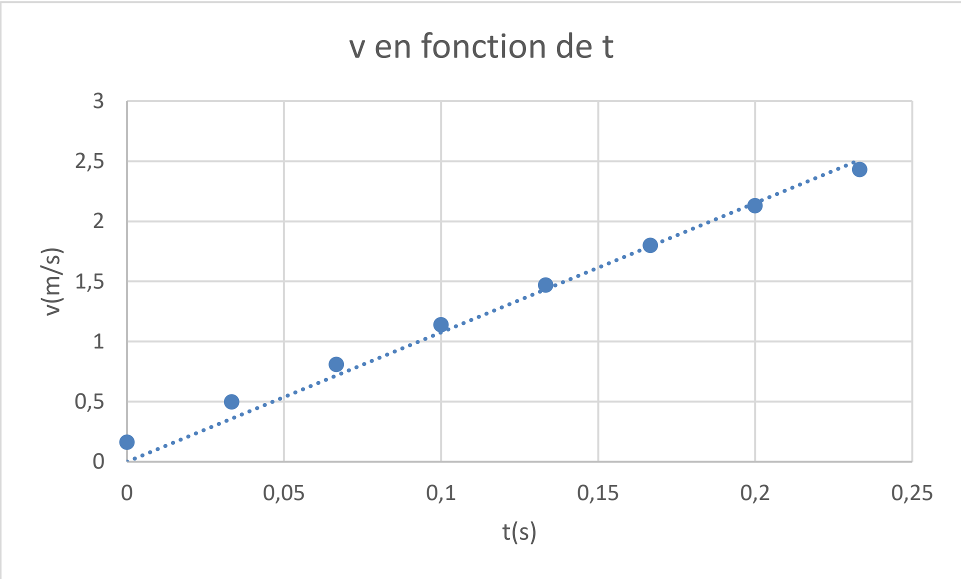
1. - Reproduire le tableau ci-dessus dans le tableur.
   - Introduire une formule permettant d'obtenir le temps t.
   - Faire un graphique, avec l'option nuage de points, représentant h en ordonnée et t en abscisse.
   - En utilisant une modélisation, avec l'option polynômiale d'ordre 2, déterminer le coefficient **a** tel que h=**a** t^2 .

   La formule pour calculer t est « =B1 + 1/30 » se met dans la cellule C1 puis on recopie la formule.



a = 4,89 m/s² .
Le terme « 0,0013 t » est négligeable.

2. -Dans la cellule B3 introduire la formule « = (C2-B2)/(C1-B1) » puis recopier la formule.
   -Représenter v en fonction de t.



2. Programme en langage python

Le programme suivant permet de tracer des vecteurs vitesse instantanée.

```
import matplotlib.pyplot as plt

x=[0.0257,0.2877,0.5549,0.8118,1.0842,1.3256,1.6031]

y=[1.0944,1.4387,1.5980,1.6133,1.4849,1.2177,0.7810]

t=[0,0.125,0.25,0.375,0.5,0.625,0.75]

#Calcul des coordonnées Vx et Vy

Vx=[]

for i in range(len(x)-1) :

    Vxi=[(x[i+1]-x[i])/(t[i+1]-t[i])]

    Vx= Vx+ Vxi

Vy=[]
```

```
for i in range(len(y)-1) :
    Vyi=[(y[i+1]-y[i])/(t[i+1]-t[i])]
    Vy=Vy+Vyi
#préparation de la zone graphique
plt.grid()
plt.title("Représentation du vecteur vitesse")
plt.xlabel('$x$ (m)')
plt.ylabel('$y$ (m)')
#tracé des points de la trajectoire
plt.plot(x,y,'ro')
#tracé des vecteurs vitesse avec un facteur d'échelle
for i in range(len(t)-1):
  plt.arrow(x[i],y[i],Vx[i]/10, Vy[i]/10,head_width=0.03, head_length=0.03,color="blue")
  plt.text(x[i]+0.05,y[i],r"$\vec{v}$"+str(i+1),color="blue")
#Légende
plt.text(0.1,0.8,"Echelle 1 cm $\leftrightarrow$ 10 cm/s", color="blue")
plt.show()
```

Exercices

N°	10	page	234
N°	13	page	235
N°	14	page	235
N°	15	page	235
N°	17	page	236
N°	19	page	236
N°	20	page	236
N°	21	page	237
N°	24	page	238
N°	27	page	239