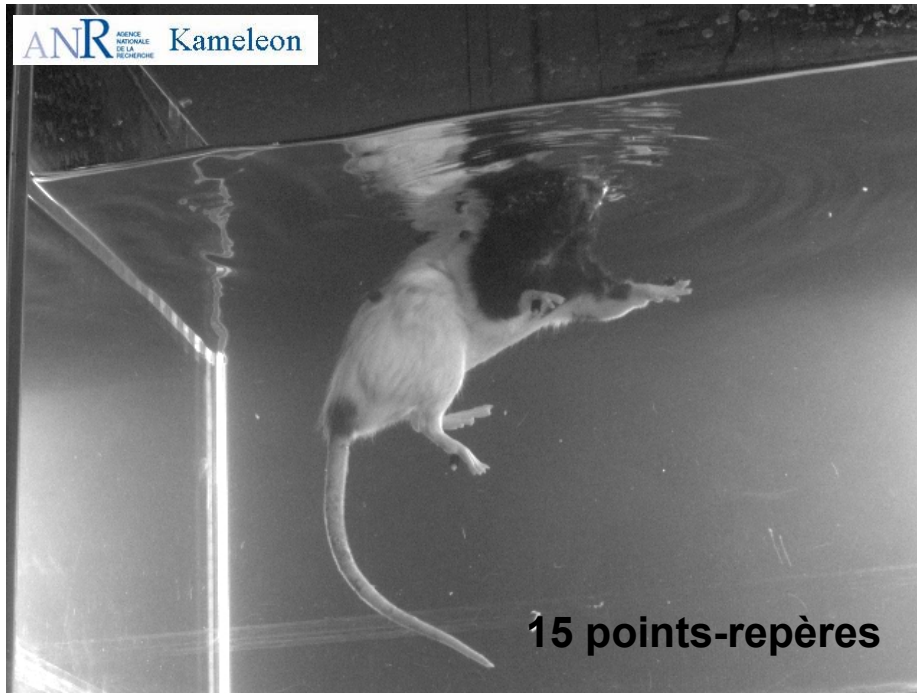


Description et quantification de la trajectoire d'un animal au cours du temps

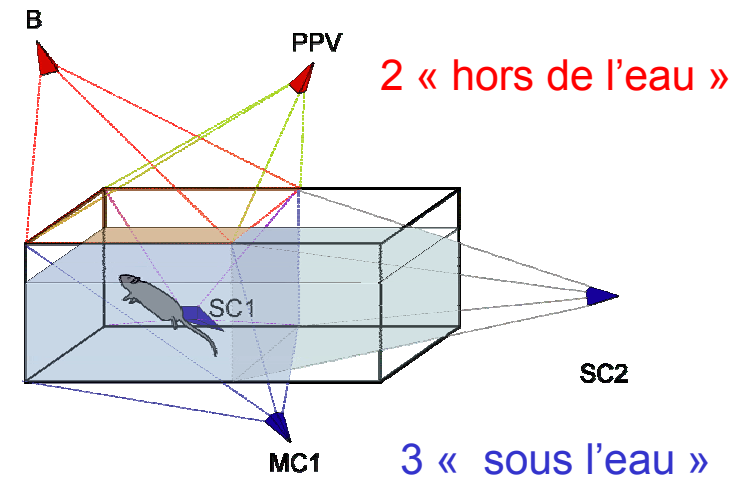
Caroline SIMONIS

UMR 7179 Mécanismes adaptatifs: des organismes aux communautés
Département Ecologie et Gestion de la Biodiversité, MNHN
csimonis@mnhn.fr

Comportement locomoteur du Rat dans l'eau



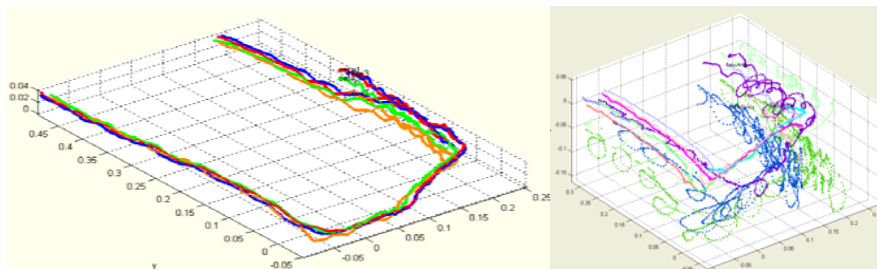
5 caméras synchronisées



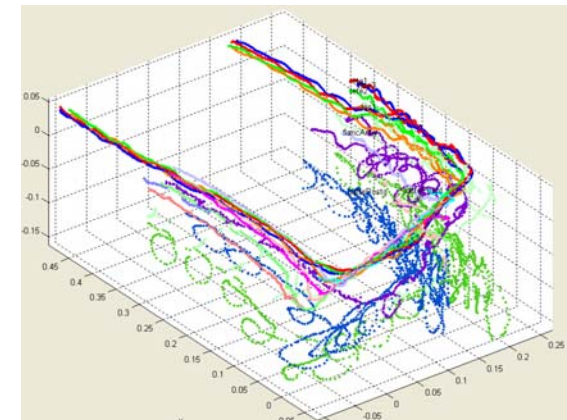
Acquisitions réalisées avec Loco 2.2, logiciel développé sous Matlab par P-A Libourel (CNRS UMR 7179)

hors de l'eau

sous l'eau



association des
points 3D
des 2 systèmes en 1



Comportement locomoteur du Rat dans l'eau

Problèmes :

- Données temporelles
- Données appariées
- Visualisation et traitement en 3D
- Données manquantes
- "Imprécision" (cf. taille des points, parallaxe, diffraction...)

Questions (en fonction des différentes conditions expérimentales et au cours du temps) :

- Description de trajectoires (tête, dos, pattes,...)
- Quantification de l'orientation de certaines parties du corps

Comportement locomoteur du Rat dans l'eau

Description de trajectoires (tête, pattes,...)

packages & fonctions
utilisés :

Fonctions graphiques

Fonctions d'interpolation

graphics : plot() ; lines() ; par()

stats : spline() ; smooth.spline()

rgl : plot3d() ; lines3d() ; spheres3d() ; quads3d

scatterplot3d : scatterplot3d()

Comportement locomoteur du Rat dans l'eau

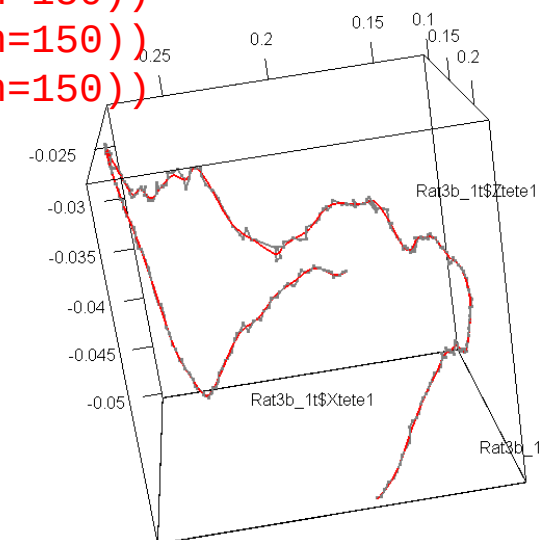
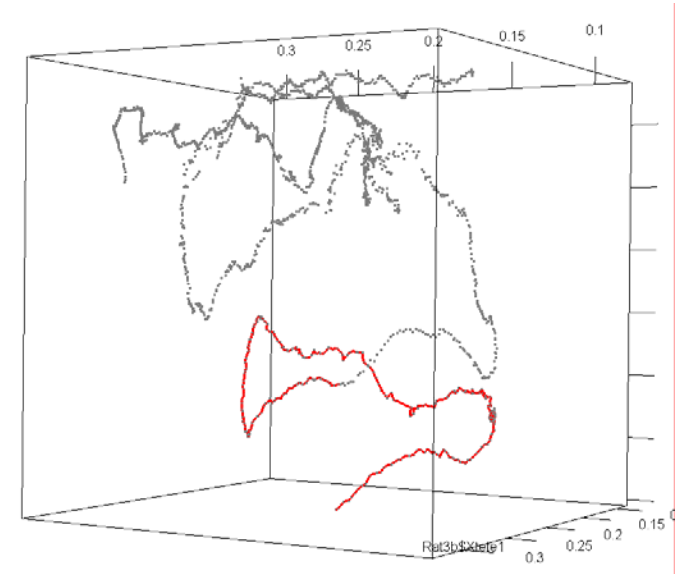
Description de trajectoires (tête)

```
Rat3b<-read.table("dataRat3b.txt",header=T)
Rat3b_1t<-Rat3b[1:285,]

#trajectoire de la tête sur 11s
library(rgl)
plot3d(Rat3b$Xtete1,Rat3b$Ytete1,Rat3b$Ztete1,
       col="grey50",size=3)
lines3d(Rat3b_1t$Xtete1,Rat3b_1t$Ytete1,
        Rat3b_1t$Ztete1,col="red",size=3)

# trajectoire de la tête sur 1 tour
# interpolation des données (lissage et "ré-échantillonnage")
Xt<-smooth.spline(spline(Rat3b_1t$Time,Rat3b_1t$Xtete1,n=150))
Yt<-smooth.spline(spline(Rat3b_1t$Time,Rat3b_1t$Ytete1,n=150))
Zt<-smooth.spline(spline(Rat3b_1t$Time,Rat3b_1t$Ztete1,n=150))

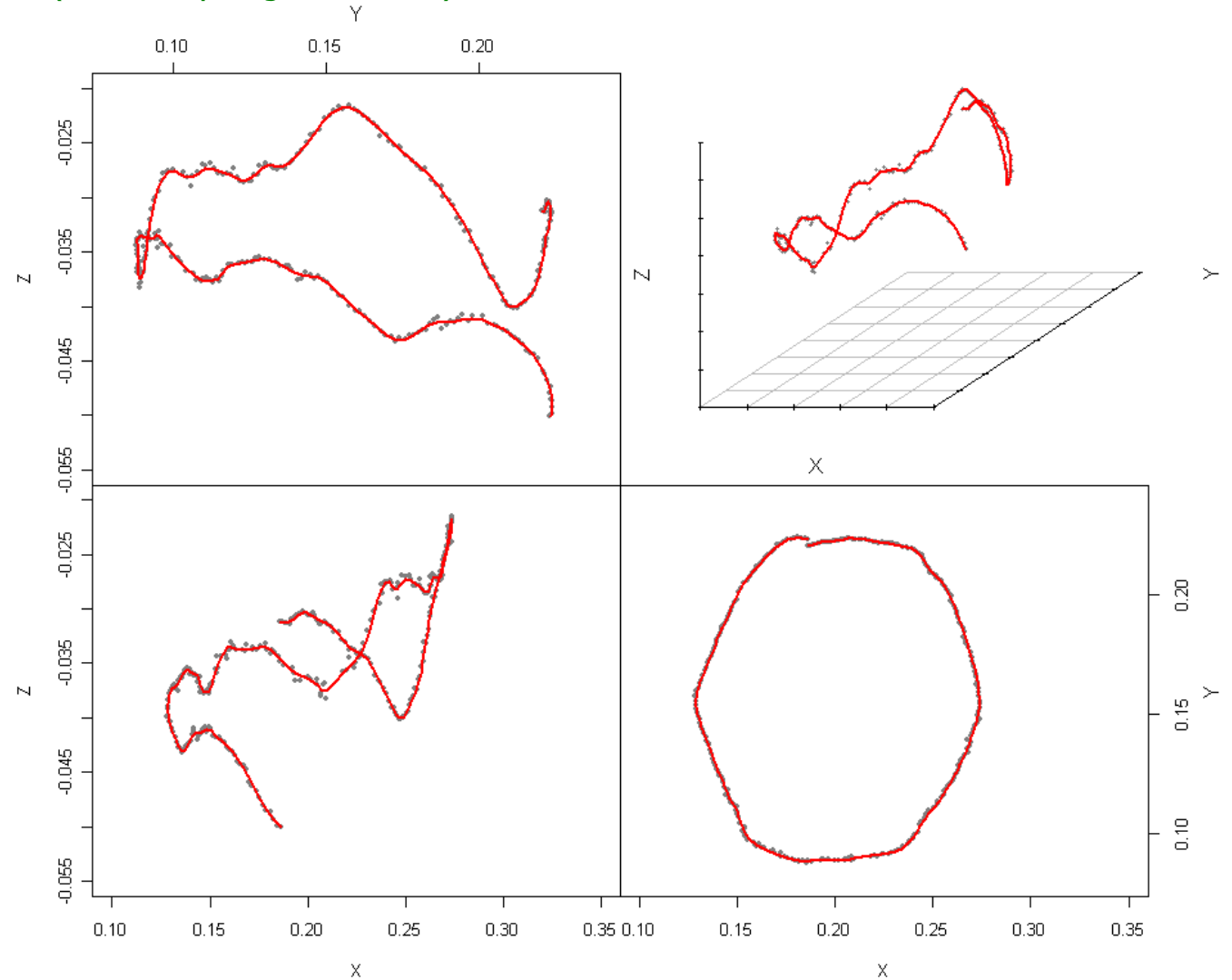
# comparaison des données brutes et des données lissées
plot3d(Rat3b_1t$Xtete1,Rat3b_1t$Ytete1,Rat3b_1t$Ztete1,
       col="grey50",size=3)
lines3d(Rat3b_1t$Xtete1,Rat3b_1t$Ytete1,Rat3b_1t$Ztete1,
        col="grey50",size=2)
lines3d(Xt$y,Yt$y,Zt$y,col="red",size=2)
```



Comportement locomoteur du Rat dans l'eau

Description de trajectoires (tête)

planche 4 graphiques (3D et projections)



Comportement locomoteur du Rat dans l'eau

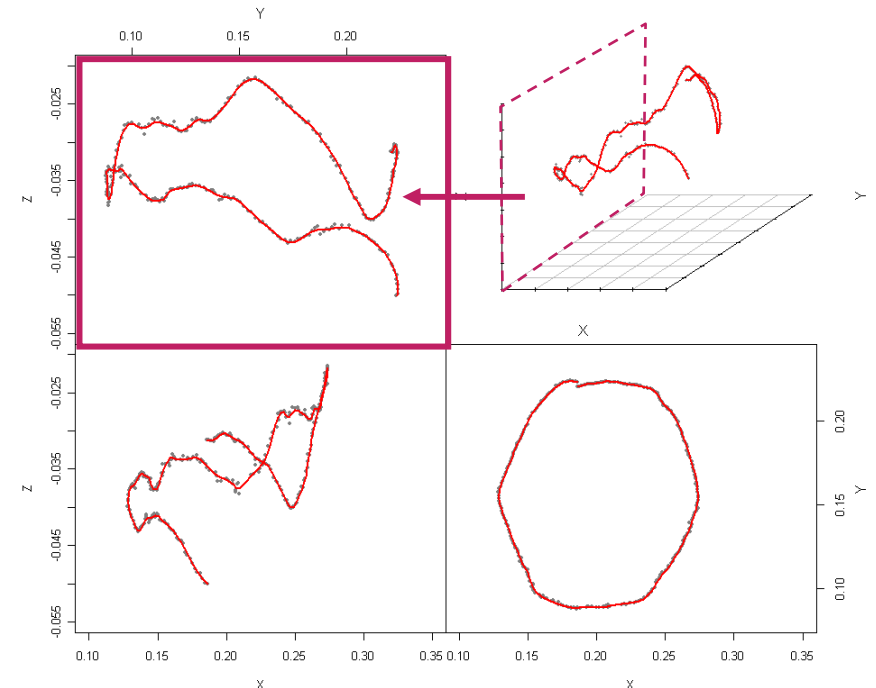
Description de trajectoires (tête)

```
# planche 4 graphiques (3D et projections)
library(scatterplot3d)
layout(matrix(1:4,2,2,byrow=T))

# fenêtre 1
par(mar=c(0,4,4,0))
plot(Rat3b_1t$Ytete1,Rat3b_1t$Ztete1,
      pch=20,col="grey50",
      xaxt="n",ylab="Z",xlab="",xlim=c(0.08,0.24),
      ylim=c(-0.055,-0.02))

lines(Yt$y,Zt$y,col="red",lwd=2)

axis(3)
mtext(side=3,"Y",line=2.5)
```



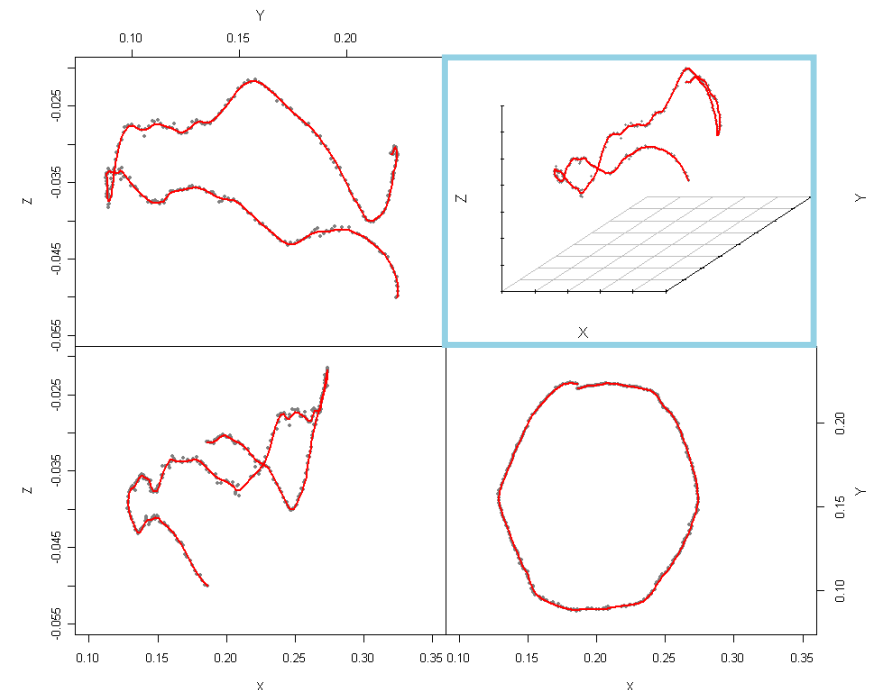
Comportement locomoteur du Rat dans l'eau

Description de trajectoires (tête)

```
# planche 4 graphiques (3D et projections)
library(scatterplot3d)
layout(matrix(1:4,2,2,byrow=T))

# fenêtre 2
traj<-scatterplot3d(Rat3b_1t$Xtete1,Rat3b_1t$Ytete1,Rat3b_1t$Ztete1,
                    pch=20,color="grey50",mar=c(3,3,0,2),box=F,
                    xlab="X",ylab="Y",zlab="Z",label.tick.marks=F)

traj$points3d(Xt$y,Yt$y,Zt$y,
              type="l",col="red",lwd=2)
```



Comportement locomoteur du Rat dans l'eau

Description de trajectoires (tête)

```
# planche 4 graphiques (3D et projections)
```

```
library(scatterplot3d)
```

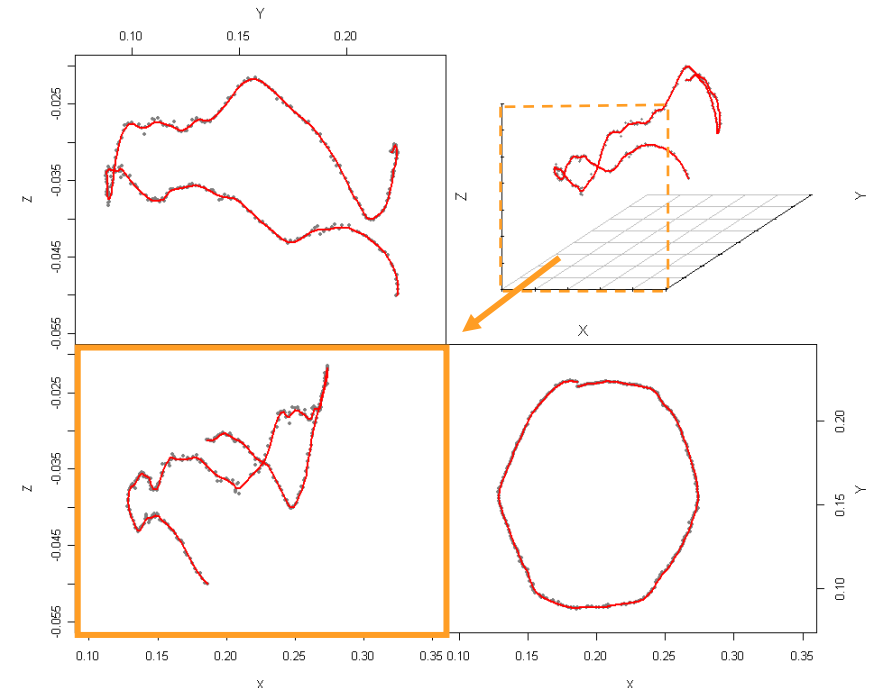
```
layout(matrix(1:4,2,2,byrow=T))
```

```
# fenêtre 3
```

```
par(mar=c(4,4,0,0))
```

```
plot(Rat3b_1t$Xtete1,Rat3b_1t$Ztete1,  
      pch=20,col="grey50",  
      ylab="Z",xlab="X",xlim=c(0.1,0.35),  
      ylim=c(-0.055,-0.02))
```

```
lines(Xt$y,Zt$y,col="red",lwd=2)
```



Comportement locomoteur du Rat dans l'eau

Description de trajectoires (tête)

```
# planche 4 graphiques (3D et projections)
```

```
library(scatterplot3d)
```

```
layout(matrix(1:4,2,2,byrow=T))
```

```
# fenêtre 4
```

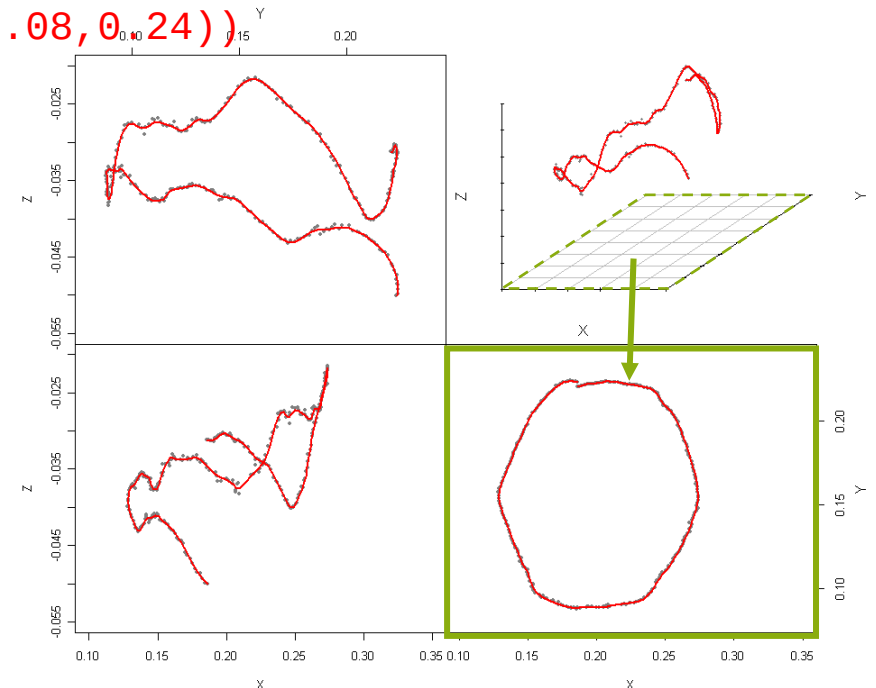
```
par(mar=c(4,0,0,4))
```

```
plot(Rat3b_1t$Xtete1,Rat3b_1t$Ytete1,  
      pch=20,col="grey50",  
      yaxt="n",ylab="",xlab="X",  
      xlim=c(0.1,0.35),ylim=c(0.08,0.24))
```

```
lines(Xt$y,Yt$y,col="red",lwd=2)
```

```
axis(4)
```

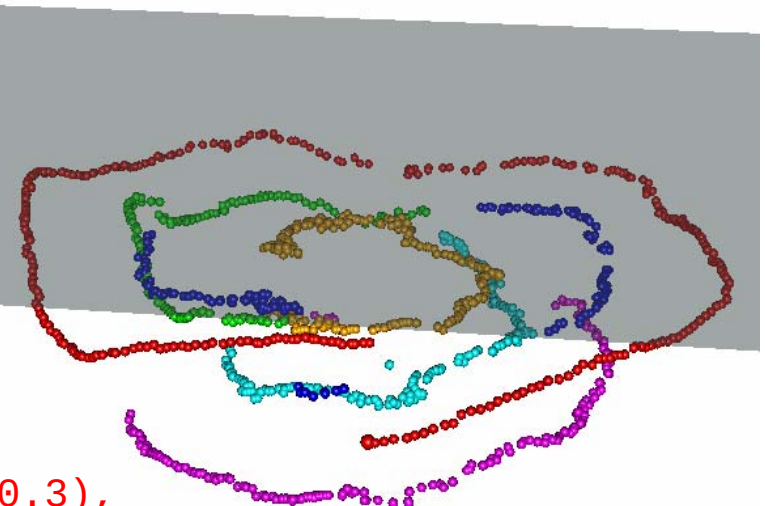
```
mtext(side=4,"Y",line=2.5)
```



Comportement locomoteur du Rat dans l'eau

Description de trajectoires (tête & dos)

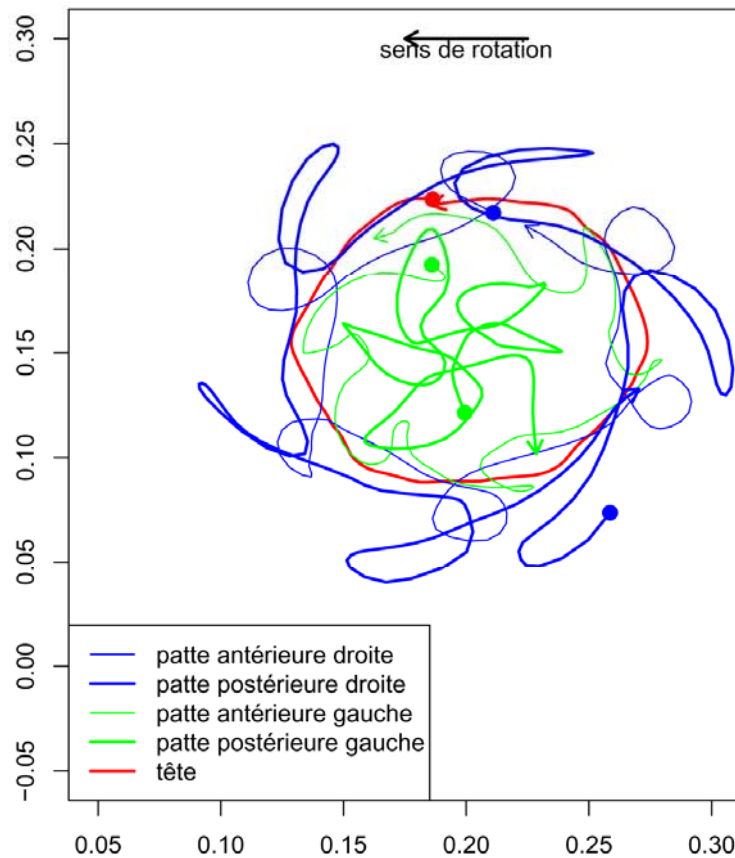
```
# pour faire de l'effet ☺  
library(rgl)  
bg3d("white")  
  
# trajectoires des points de la tête  
plot3d(Rat3b_1t[, 3:5], col="red", type="s", radius=0.001, box=F, axes=F,  
        xlim=c(0.1, 0.3), ylim=c(0.1, 0.3), zlim=c(-0.1, 0.1),  
        xlab="X", ylab="Y", zlab="Z")  
spheres3d(Rat3b_1t[1, 3:5], col="red", radius=0.0015, box=F)  
spheres3d(Rat3b_1t[, 6:8], col="green", radius=0.001, box=F)  
spheres3d(Rat3b_1t[, 9:11], col="blue", radius=0.001, box=F)  
  
# trajectoires des points du dos  
spheres3d(Rat3b_1t[, 12:14], col="orange",  
          radius=0.001, box=F)  
spheres3d(Rat3b_1t[, 15:17], col="cyan",  
          radius=0.001, box=F)  
spheres3d(Rat3b_1t[, 18:20], col="magenta",  
          radius=0.001, box=F)  
  
# niveau de l'eau  
quads3d(x=c(0.1, 0.3, 0.3, 0.1), y=c(0.1, 0.1, 0.3, 0.3),  
        z=c(rep(0, 4)), col="lightcyan", alpha=c(0.5), box=F)
```



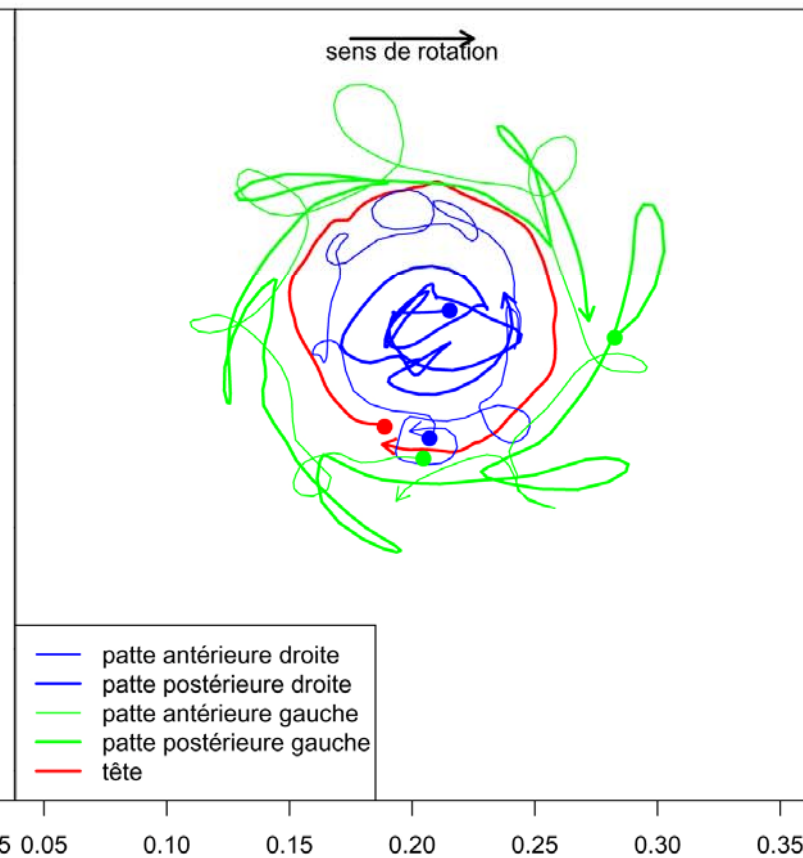
Comportement locomoteur du Rat dans l'eau

Description de trajectoires (pattes)

Rat 3b – après injection



Rat 4b – après injection

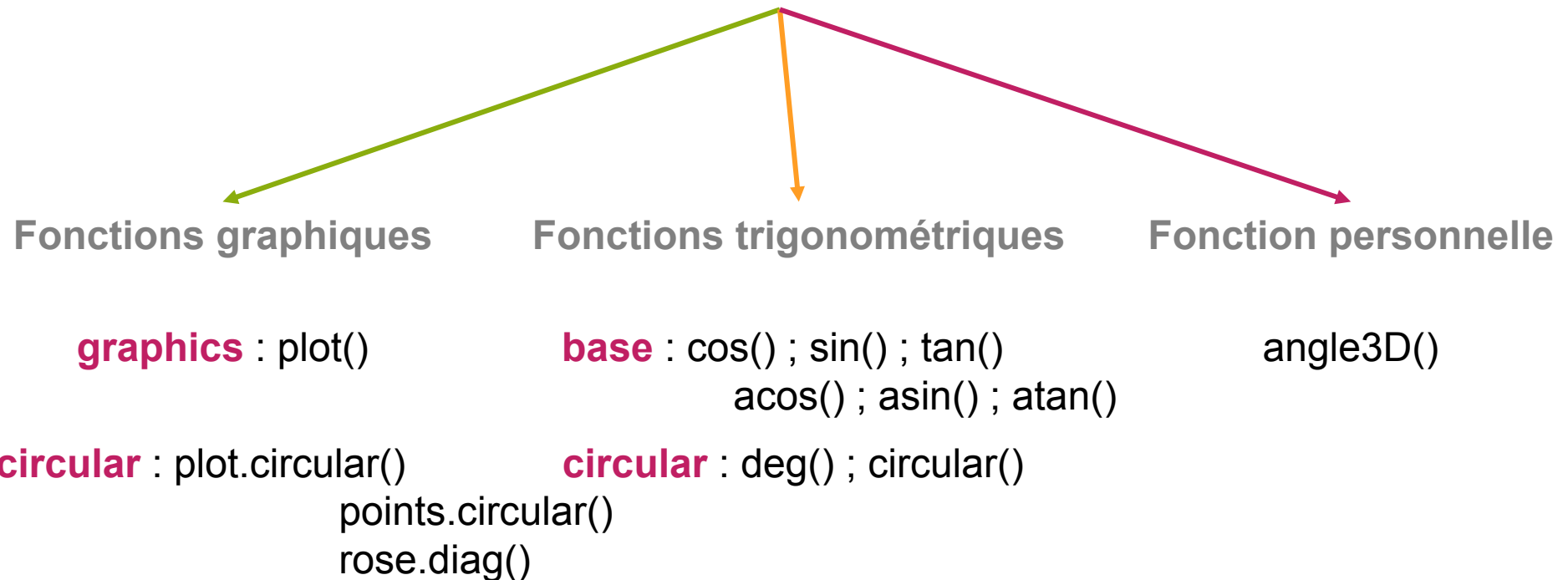


graphics : points() et arrows()

Comportement locomoteur du Rat dans l'eau

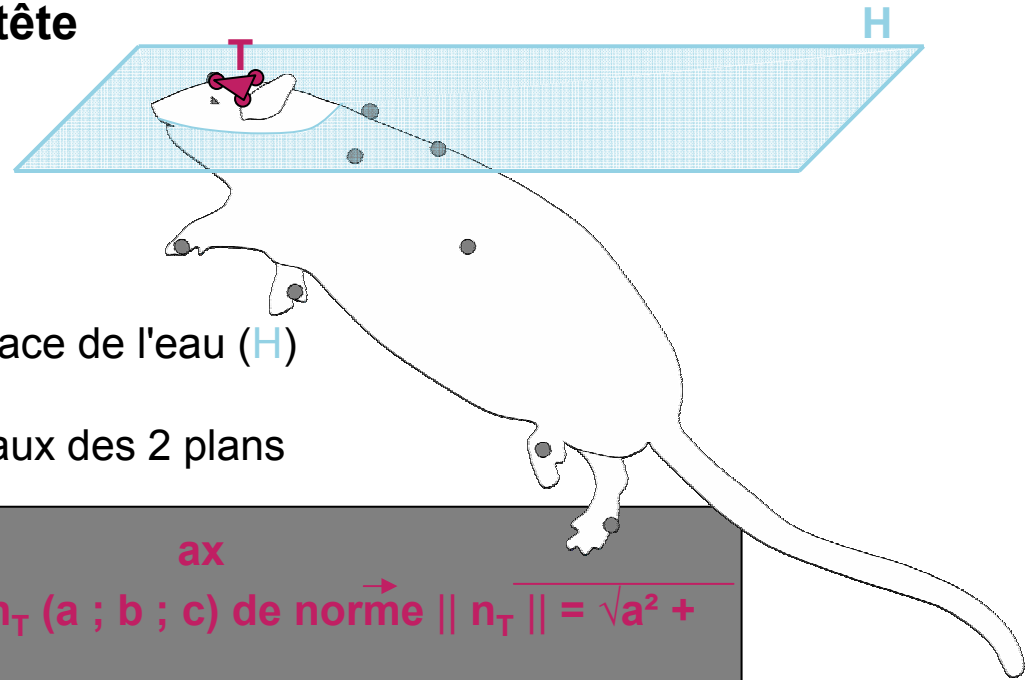
Quantification de l'orientation de la tête

packages & fonctions
utilisés :



Comportement locomoteur du Rat dans l'eau

Quantification de l'orientation de la tête



Angle entre la tête (T) et la surface de l'eau (H)
 =
 Angle entre les vecteurs normaux des 2 plans

Équation du plan T :

Vecteur normal du plan T :
 $\vec{n}_T (a ; b ; c)$ de norme $\|\vec{n}_T\| = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$

$\vec{n}_T (a ; b ; c)$ de norme $\|\vec{n}_T\| = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$

Équation du plan H :

Vecteur normal du plan H :
 $\vec{n}_H (0 ; 0 ; 1)$ de norme $\|\vec{n}_H\| = 1$

$\vec{n}_H (0 ; 0 ; 1)$ de norme $\|\vec{n}_H\| = 1$

$$\sin(\varphi) = \frac{\left\| \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \right\|}{\|\vec{n}_T\| \cdot \|\vec{n}_H\|} = \frac{c}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}$$

$$\varphi = \arcsin \left(\frac{\left\| \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \right\|}{\|\vec{n}_T\| \cdot \|\vec{n}_H\|} \right) = \arcsin \left(\frac{c}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}} \right)$$

Comportement locomoteur du Rat dans l'eau

Quantification de l'orientation de la tête

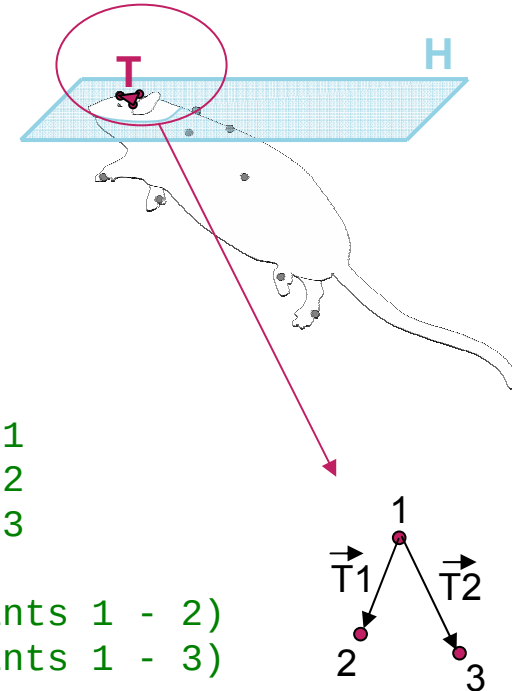
$$\varphi = \arcsin \left(\frac{\begin{vmatrix} a & b & c \\ \vec{n}_T \end{vmatrix}}{\|\vec{n}_T\| \cdot \|\vec{n}_H\|} \right)$$

Écrire sa propre fonction

```
angle3D <- function(matrT){
# coordonnées des points de la tête
x1<-matrT[,1] ; y1<-matrT[,2] ; z1<-matrT[,3] # point 1
x2<-matrT[,4] ; y2<-matrT[,5] ; z2<-matrT[,6] # point 2
x3<-matrT[,7] ; y3<-matrT[,8] ; z3<-matrT[,9] # point 3
# coordonnées des vecteurs de la tête
xT1<-x2-x1 ; yT1<-y2-y1 ; zT1<-z2-z1 # vecteur T1 (points 1 - 2)
xT2<-x3-x1 ; yT2<-y3-y1 ; zT2<-z3-z1 # vecteur T2 (points 1 - 3)
# coordonnées du vecteur normal du plan T
a<-(yT1*zT2)-(zT1*yT2) ; b<-(zT1*xT2)-(xT1*zT2) ; c<-(xT1*yT2)-(yT1*xT2)

#calcul en degrés des angles entre le plan de la tête et les plans z=0, x=0 et y=0
library(circular)
AngleTz0<-deg(asin((sqrt(b^2+(-a)^2))/(sqrt(a^2+b^2+c^2))))
AngleTx0<-deg(asin((sqrt(c^2+(-b)^2))/(sqrt(a^2+b^2+c^2))))
AngleTy0<-deg(asin((sqrt((-c)^2+a^2))/(sqrt(a^2+b^2+c^2))))

return(list(AngleTz0=AngleTz0,AngleTx0=AngleTx0,AngleTy0=AngleTy0))
}
```



Comportement locomoteur du Rat dans l'eau

Quantification de l'orientation de la tête

utilisation de la fonction angle3D() et représentations graphiques

```
angles<-angle3D(Rat3b_1t[,3:11])
```

création d'objets de class circular

```
Rat3bTz0<-circular(angles$AngleTz0,type="angles",units="degrees")
```

```
Rat3bTx0<-circular(angles$AngleTx0,type="angles",units="degrees")
```

```
Rat3bTy0<-circular(angles$AngleTy0,type="angles",units="degrees")
```

graphique global

```
res <- plot(Rat3bTz0,stack=T,bins=180,ticks=T,col=1,shrink=1.2)
```

```
points(Rat3bTx0,stack=T,plot.info=res,col=2)
```

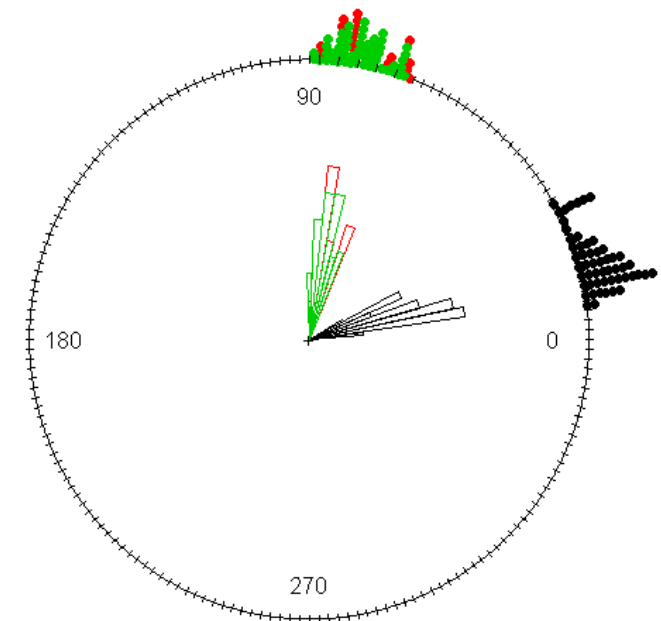
```
points(Rat3bTy0,stack=T,plot.info=res,col=3)
```

associé avec diagramme en rose des vents

```
rose.diag(Rat3bTz0, bins=180,add=TRUE,col=1)
```

```
rose.diag(Rat3bTx0, bins=180,add=TRUE,col=2)
```

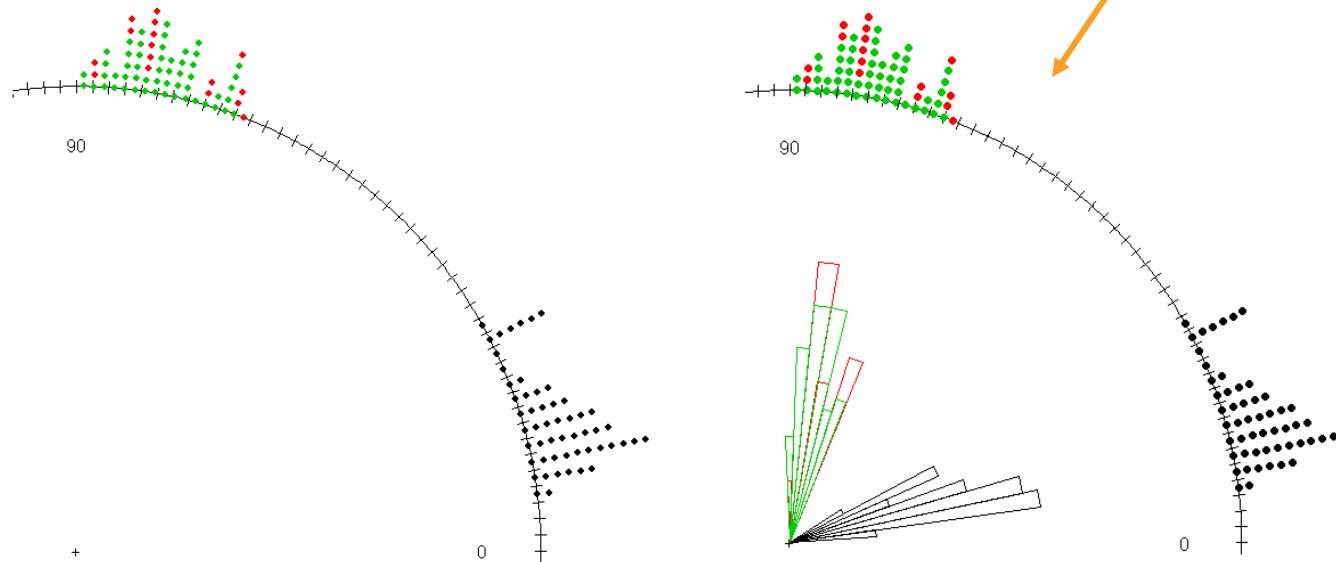
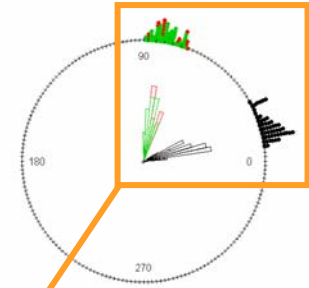
```
rose.diag(Rat3bTy0, bins=180,add=TRUE,col=3)
```



Comportement locomoteur du Rat dans l'eau

Quantification de l'orientation de la tête

```
# zoom
res <- plot(Rat3bTz0,stack=T,bins=180,ticks=T,col=1,
            shrink=1.2,xlim=c(0,1),ylim=c(0,1))
points(Rat3bTx0,stack=T, plot.info=res, col=2)
points(Rat3bTy0,stack=T, plot.info=res, col=3)
# associé avec diagramme en rose des vents
rose.diag(Rat3bTz0,bins=180,add=TRUE, col=1)
rose.diag(Rat3bTx0,bins=180,add=TRUE, col=2)
rose.diag(Rat3bTy0,bins=180,add=TRUE, col=3)
```



Comportement locomoteur du Rat dans l'eau

Quantification de l'orientation de la tête

Données circulaires

```
mean.circular(Rat3bTz0, na.rm=T)
[1] 15.53972
```

```
toto<-mle.wrappednormal(Rat3bTz0)
toto$sd
[1] 0.1045390
```

```
var.circular(Rat3bTz0, na.rm=T)
[1] 0.005450988
```

```
r.test(na.omit(Rat3bTz0), degree=T)
$r.bar
[1] 0.994549
$p.value
[1] 6.354381e-24
```

Données linéaires

```
mean(angles$AngleTz0, na.rm=T)
[1] 15.54898
```

```
sd(angles$AngleTz0, na.rm=T)
[1] 6.045888
```

```
var(angles$AngleTz0, na.rm=T)
[1] 36.55276
```

```
shapiro.test(Rat3bTz0)
Shapiro-Wilk normality test
data: Rat3bTz0
W = 0.8972, p-value = 0.0002278
```