

## Le professeur Henri BOUASSE

Les livres de physique d'Henri BOUASSE, professeur à la faculté de sciences de Toulouse dans la première moitié du XX<sup>e</sup>S, eurent beaucoup de succès non seulement en raison de leur valeur scientifique, mais aussi de la personnalité de leur auteur. Celui-ci débutait chacun de ses ouvrages par une préface dans laquelle il tapait joyeusement sur le petit peuple des scientifiques établis et la hiérarchie éducative. Sur les nouvelles technologies et avancées de la science de son époque (téléphone, relativité...), il avait aussi son opinion dont je vous donnerai quelques échantillons. Toutefois, je précise qu'il n'est pas dans mon intention de me moquer d'Henri BOUASSE — avec le recul du temps, cela serait trop facile et peu élégant, car lui-même n'était pas dupe de la portée de ses critiques et s'amusait par avance des réactions qu'elles allaient provoquer.

Je me propose, simplement, de faire revivre quelques textes d'Henri BOUASSE, scientifique rigoureux, pédagogue hors normes, redoutable polémiste possédant un réel talent d'écriture. Chacun de ses livres est à la fois un chef d'œuvre de littérature, de science et d'art : les gravures et schémas y sont remarquables.

Toute la partie démonstration, je la recopierai intégralement de ses livres, car je suis tout à fait incapable d'atteindre à cette qualité de rédaction et je ne m'essayerai pas à reformuler ses explications.

J'ai tenté de reproduire, avec PSTricks, les schémas en noir et blanc qui sont dans l'original, la teinte de fond que j'ai adoptée est celle des pages jaunies des exemplaires en ma possession. Les illustrations en couleurs sont celles que j'ai réalisées.

J'ai rajouté des animations, toujours réalisées avec PSTricks : les adaptations pour automatiser ces animations ont été mises au point par Denis GIROU et Jean-Michel SARLAT.

Cet essai offre la particularité de pouvoir personnaliser les schémas originaux, en choisissant des paramètres différents — ceux concernant le rayon et la vitesse du disque. Il faut regarder, dans le fichier principal(`disqueBouasse.tex`), les lignes telles que :

```
\begin{figure}[h]
\begingroup
\psset{unit=0.8}
\renewcommand{\Vitesse}{5}
\input{picturebouasse1.tex}
\endgroup
\caption{\label{pic1} disque tournant}
\end{figure}
```

et modifier le nombre qui suit `{\Vitesse}{5}`, on pourra changer la valeur du rayon, la date en rajoutant les lignes suivantes avec d'autres données :

```
\renewcommand{\radius}{2.5}
\renewcommand\temps{0}
```

Le premier sujet traitera du *disque volant* et de son prolongement à l'étude *du problème du cycliste crotté* et la recherche de *la condition de crotte*, (comme énoncée si élégamment par Henri BOUASSE). Pour son opinion, sur l'une des technologies de son époque, j'ai choisi le téléphone.

### Remerciements

Je remercie Bruno Macke pour m'avoir signalé une erreur dans le texte de Henri Bouasse (qui était passée inaperçue aux yeux de son *célèbre* re-lecteur M.Fortépaule et des miens !). Je l'ai donc corrigée ainsi que les valeurs numériques qui se déduisaient de la formule fautive. Bruno Macke m'a aussi indiqué deux articles successifs parus dans *Europhysics News* sur le thème du cycliste crotté et où l'auteur avait placé, dans l'un des deux, dans les références, un lien sur cette page.

<http://www.europhysicsnews.org/articles/epn/pdf/2011/03/epn2011423p30.pdf>

# 1 Disque tournant

1° — Un disque mince tourne à la vitesse circonférentielle  $V$  autour d'un axe fixe horizontal. De sa jante se détachent des particules liquides. On admet qu'elles quittent le disque avec une vitesse tangentielle précisément égale à  $V$ . On demande les trajectoires ;

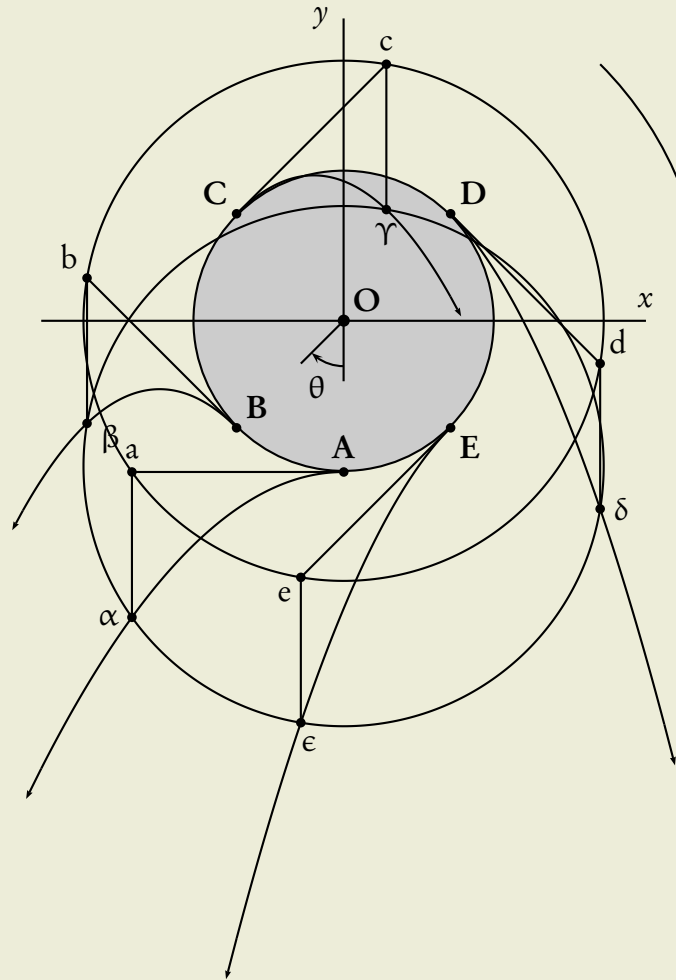


Figure 1: disque tournant

on néglige la résistance de l'air.

Pour réaliser cette expérience on fait tourner le disque en immergeant le pourtour dans un vase plein d'eau ou en amenant de l'eau contre son plat. Le liquide se maintient sur la jante par capillarité ou cohésion ; les gouttelettes se détachent quand la force axifuge l'emporte.

La pesanteur, petite devant les forces précédentes, ne joue qu'un rôle négligeable.

Un disque de 70 cm, de diamètre (roue ordinaire de bicyclette) tourne avec une vitesse circonférentielle de 7 mètres à la seconde. L'accélération axipète est :

$$\frac{V^2}{R} = 140 \text{ m.s}^{-2}$$

2° — Pour construire les paraboles trajectoires, on porte sur une tangente au cercle les longueurs  $V, 2V, 3V, \dots$ ; par les points obtenus on mène des verticales de longueurs :

$$\frac{g}{2}, \quad \frac{4g}{2}, \quad \frac{9g}{2}, \dots$$

La figure 1 représente une série de courbes ainsi construites.

La remarque suivante abrège la construction. Les points obtenus en portant la même longueur  $Vt$  sur toutes les tangentes, sont sur une circonférence  $abcde$  de rayon  $\sqrt{R^2 + V^2 t^2}$ . Quand on mène des verticales de longueur  $gt^2/2$ , on abaisse le cercle de  $abcde$  en  $\alpha\beta\gamma\delta\epsilon$ . Son équation devient :

$$x^2 + \left(y + \frac{gt^2}{2}\right)^2 = R^2 + V^2 t^2 \quad (1)$$

Tel est le lieu des points occupés au temps  $t$  par les masselottes qui se détachent au temps origine.

Pour trouver la limite de l'espace atteint par les gouttes, cherchons l'enveloppe des cercles (1) : figure (5).

Dérivons par rapport à  $t$  ; égalons à 0 le résultat :

$$g^2 t^2 = -2gy + 2V^2 \quad (2)$$

Éliminons  $t$  entre (1) et (2) ; nous obtenons la *parabole de sûreté* :

$$V^2 = 2gh, \quad x^2 = -4hy + R^2 + 4h^2 \quad (3)$$

3° — Les paraboles ( $c\gamma \dots$  par exemple) qui rentrent dans le disque sont évidemment inacceptables : les masselottes correspondantes ne se détachent pas. Cherchons à quelle condition les paraboles existent.

Plaçons les axes comme l'indique la figure 1 : comptons l'angle  $\theta$  dans le sens marqué. Au point de départ on a :

$$\begin{aligned} x &= -R \sin \theta, & y &= -R \cos \theta \\ \frac{dx}{dt} &= -V \cos \theta, & \frac{dy}{dt} &= V \sin \theta \end{aligned}$$

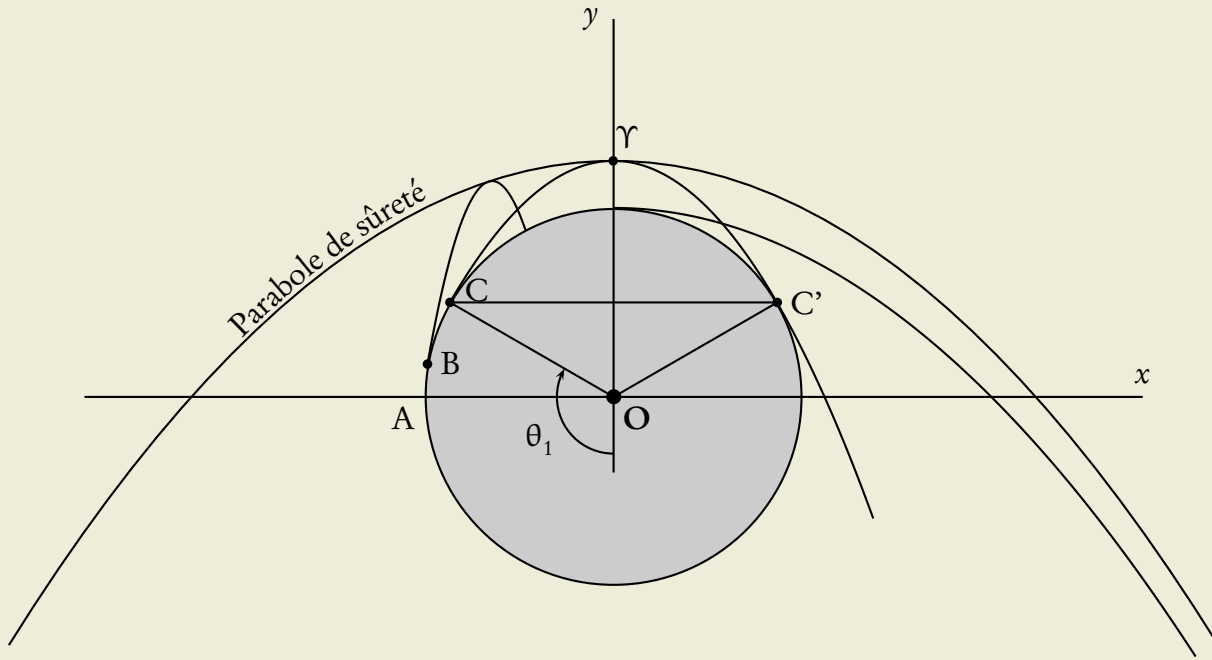


Figure 2: trajectoires particulières

La parabole issue du point de la jante défini par l'angle  $\theta$ , a pour équation :

$$\begin{aligned} x &= -R \sin \theta - V \cos \theta \cdot t \\ y &= -R \cos \theta - V \sin \theta \cdot t - \frac{g t^2}{2} \end{aligned} \quad (4)$$

Le rayon de courbure d'une courbe donnée en fonction d'un paramètre, a pour expression :

$$\rho = (dx^2 + dy^2)^{\frac{3}{2}} : (dx d^2y - dy d^2x)$$

D'où

$$\rho = \pm \frac{(V^2 - 2gt + gt^2)^{\frac{3}{2}}}{gV \cos \theta}$$

À l'origine ( $t = 0$ ) le rayon de courbure de la parabole est ( $\theta > \pi : 2$ ) :

$$V^2 = 2gh, \quad \rho = -2h : \cos \theta$$

Toutes les paraboles sont extérieures au disque si :

$$2h > R, \quad V > \sqrt{gR};$$

la vitesse circonférentielle dépasse une certaine limite.

Si  $2b = R$ , la masselotte qui est au sommet du disque, ne se détache pas.

Si  $2b < R$ , il existe un arc symétrique par rapport au sommet sur lequel les masselottes ne se détachent pas.

4<sup>o</sup> — Cherchons si la parabole de sûreté peut avoir des points communs avec le disque. Pour cela éliminons  $x$  entre l'équation du cercle :

$$x^2 + y^2 = R^2$$

et l'équation (3). On trouve la condition :

$$(y - 2b)^2 = 0$$

L'horizontale  $y = 2b$ , est une sécante commune double.

Elle est réelle quand :

$$x = \pm \sqrt{R^2 - 4b^2},$$

est réel, par suite, quand :  $2b > R$ .

Nous retrouvons la condition nécessaire pour que certaines masselottes ne se détachent pas. La parabole de sûreté est alors tangente au disque aux deux points déterminés par la droite  $y = 2b$ . Seuls sont utiles les arcs de la parabole de sûreté qui sont au-dessous des points de tangence.

Si  $b = 2R$ , la parabole de sûreté est tangente au disque en son sommet.

Enfin si  $2b > R$ , elle ne touche pas le disque.

Mêmes résultats en cherchant le rayon de courbure de la parabole de sûreté en son sommet.

Il est  $2b$  : la parabole touche ou non le cercle, suivant que ce rayon est plus petit ou plus grand que le rayon du cercle.

Si  $b = 0$ , la parabole s'évanouit en deux droites parallèles  $x = \pm R$

5<sup>o</sup> — Soit  $2b > R$  ; la parabole de sûreté ne touche pas le disque. Il existe une trajectoire qui la tangente en son sommet :

$$x = 0, \quad y = b + \frac{R^2}{4b}.$$

pour trouver le point de départ de cette trajectoire, faisons  $x = 0$  dans la première équation (4).

Substituons la valeur de  $t$  dans la seconde, il vient :

$$y = -\frac{R}{\cos \theta} - \frac{R^2}{4b} \tan^2 \theta$$

Écrivons que les deux valeurs sont égales :

$$\cos \theta_1 = -\frac{R}{2h}$$

La trajectoire part tangentielle du disque au point C, va toucher la parabole de sûreté au sommet  $\Upsilon$  et revient tangenter le disque en C'.

Les masselottes qui lâchent le disque dans l'arc AC (au point B par exemple), retombent quelque part en  $\hat{b}$ .

Celles qui s'échappent de l'arc CC', ne rencontrent plus le disque.

## 2 Problème du cycliste crotté

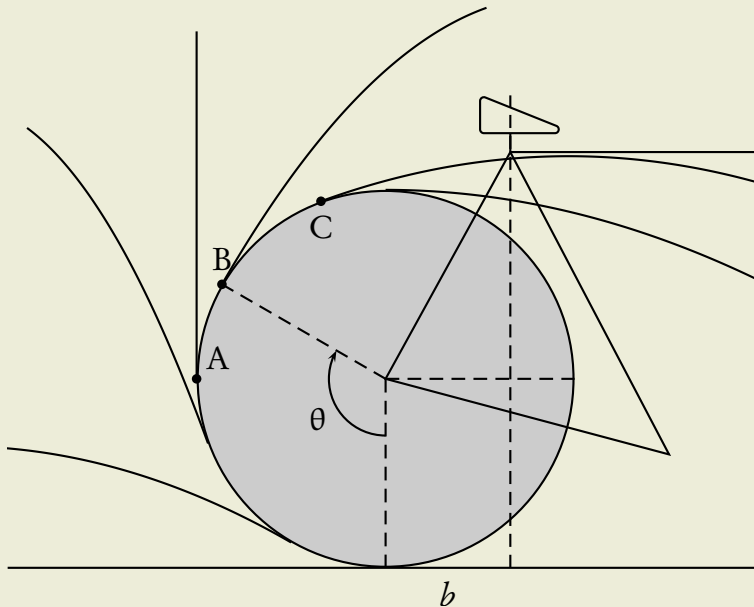


Figure 3: trajectoires relatives

1° — Le cycliste se crotte comme conséquence des propriétés du mouvement relatif et des propriétés du centre instantané de rotation.

Posons que la vitesse du cycliste est uniforme : les forces auxquelles les masselottes de boues sont soumises, sont les mêmes que si la machine était immobile, les roues continuant à tourner avec la même vitesse angulaire  $\omega$ . La masselotte a donc encore la même

tendance à se détacher quelle que soit sa position actuelle sur la roue (au moins si l'on néglige l'action de la pesanteur).

Une fois la masselotte détachée de la roue, elle décrit *dans l'espace fixe* sa trajectoire parabolique.

Ramenons le problème actuel au problème précédent.

Le mouvement cycloïdal et le mouvement d'un point de la circonférence d'un cercle tournant autour d'un axe fixe, ne diffèrent que par la translation que nous supposons uniforme.

Nous passons donc des trajectoires étudiées au § précédent aux trajectoires *absolues* actuelles en ajoutant à  $x$  le terme :

$$R\omega t = Vt$$

D'où les équations :

$$\begin{aligned} x &= x_0 + \omega R(1 - \cos \theta)t, \\ y &= y_0 + \omega R \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2}gt^2. \end{aligned}$$

2° — Revenons au cycliste crotté.

Le cycliste se déplace avec la vitesse  $R\omega$ .

Donnons donc à tout le système la vitesse  $R\omega$  en sens inverse de la transformation actuelle : nous immobilisons la machine et le cycliste et nous retrouvons les trajectoires précédemment étudiées.

Ainsi par rapport à des axes entraînés par le cycliste, tout se passe comme si la machine et le cycliste étaient immobiles, les roues continuant à tourner avec leur vitesse angulaire réelle.

Les paraboles *relatives* ont les équations :

$$\begin{aligned} x &= x_0 - \omega R \cos \theta \cdot t, \\ y &= y_0 + \omega R \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2}gt^2. \end{aligned}$$

Le cycliste sera crotté si cette trajectoire le rencontre.

3° — Remplaçons-le par une verticale d'abscisse  $x = b$ , située à la distance  $d$  en avant de l'axe de la roue arrière.

Utilisons la parabole de sûreté :

$$f(x, y) = x^2 + 4by - R^2 - 4b^2 = 0$$

Soit  $H$  la hauteur de la selle au-dessus de l'axe de la roue arrière.

le cycliste sera crotté si le point de coordonnées  $x = b, y = H$ , est dans la parabole de sûreté.



Le centre de la roue ( $x = y = 0$ ) qui est assurément dedans, donne

$$f(x, y) < 0$$

La *condition de crotte* est donc :

$$b^2 + 4bH - R^2 - 4b^2 < 0$$

Pour fixer les idées s'en trop s'écarter des conditions expérimentales, on fera :

$$H = \frac{5}{3}R, \quad b = \frac{R}{3};$$

$$9b^2 - 15bR + 2R^2 > 0, \quad b > 1,52R, \quad V > \sqrt{3,04Rg}$$

Dans cette condition introduisons les nombres :

$$R = 0,35 \text{ m}, \quad g = 9,81$$

La *condition de crotte* devient :  $V > 3,23 \text{ m.s}^{-1}$ , soit  $V > 11,63 \text{ km.h}^{-1}$ .

Le lecteur comparera les trajectoires *absolues* et les trajectoires *relatives* ; il vérifiera que pour  $\theta$  compris entre 0 et  $\pi : 2$ , elles sont tournées en sens contraires.

### 3 L'opinion d'Henri Bouasse sur le téléphone

Cette partie est extraite de la préface de son livre : *Houles, rides, seiches et marées* paru en 1924.

« Parmi les ridicules en lesquels je foisonne, celui qui étonne le plus mes amis et connaissances est de n'avoir *jamais* téléphoné. J'ai beau leur expliquer la parfaite inutilité de cet outil pour un monsieur qui ne fait pas d'affaires, qui ne déteste pas la causerie, mais qui jouit des finesses du dialogue et de la voix : je leur semble un monstre de bizarrerie pour refuser de parler devant une planche, et de recevoir dans le tuyau de l'oreille le râle d'un polichinelle agonisant où cent poêles bouillants grailonnent des pommes de terre frites.

S'ils pouvaient se contempler faisant des grâces devant leur planchette, esquissant des sourires, clignant de l'œil, hochant doucement la tête, modulant d'une voix mélodieuse des compliments répétés au loin par le polichinelle agonisant, ils se trouveraient si parfaitement risibles qu'ils se désabonneraient sur l'heure.

Comme je travaille dix heures par jour, j'ai du temps de reste pour faire les commissions en personne. J'admets volontiers que le monsieur sans occupation n'ait jamais une heure à perdre : le désœuvrement est pressé. Heureusement tel n'est pas mon cas.

Quand je prends un train, je choisis non le plus rapide, mais celui que tout le monde fuit comme mal commode : j'y suis à mon aise; l'ayant quasiment pour moi seul, je puis imaginer qu'il est spécial. J'arrive toujours assez tôt où je n'ai rien de particulier qui m'attire. Bref je vis où je suis, non pas où je serai.

Quand on regarde la vie de ce biais, on ne comprend guère l'enthousiasme de ses contemporains pour les merveilles du Progrès. Comme il m'arrive de rester un mois sans lire le journal, je ne trouve rien d'excitant à savoir les nouvelles cinq minutes avant les autres : on juge plus sainement les événements avec un certain recul.

Beaucoup de gens pensent comme moi, mais n'osent le dire : tous ces progrès scientifiques, ils seraient honteux de ne pas les prôner, alors que dans leur for intérieur ils préféreraient une vie moins trépidante et moins d'agitation factice.

La danse de Saint-Guy dont nous sommes les spectateurs, est digne d'une maison de fous. Nous ne pouvons que trouver grotesques les *savants* ingénieurs qui, au prix de raccords coûteux, diminuent de deux heures la distance de Paris à Milan.

Et pour qui, Seigneur?

Pour des gens qui, parvenus à Milan en deux heures de moins, iront se coucher deux heures plus tôt et ne se leveront le lendemain que pour visiter hâtivement la cathédrale et prendre longuement des glaces dans un café ! Quand ils seraient demeurés deux heures de plus dans le wagon à regarder par la portière, je ne vois pas ce que personne y aurait perdu !

On vous promet la transmission des images. Comme physicien j'admire l'expérience. Mais je trouve mes contemporains si laids, si mal bâtis, si désagréables à regarder, que je ne m'exalte pas à l'espoir de les contempler au bout d'un fil. La plus jolie femme perd singulièrement de son charme à la reproduction photographique ; elle sera toujours plus

charmante dans l'imagination de son adorateur que sur sa télégraphique caricature. Au surplus qui vous empêche de porter sur vous les portraits de vos connaissances, et, quand vous téléphonez à l'opulent M. X., qui est un paquet de lard, de mettre sous vos yeux enivrés sa gluante image !

[...]

Je déteste la sottise et, parmi toutes les sottises, aucune ne me paraît aussi stupide que la vanité de ceux qui s'imaginent entrer dans le temple de la Science parce que sous un déguisement ils en balaient le portique. Pour eux la Science consiste à pousser un bouton, à tourner une manette. »

Annexe

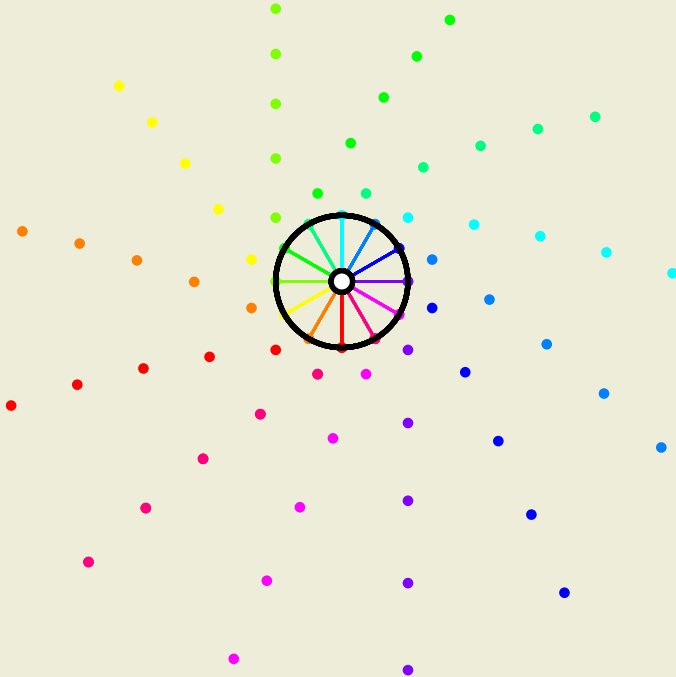


Figure 4: animation

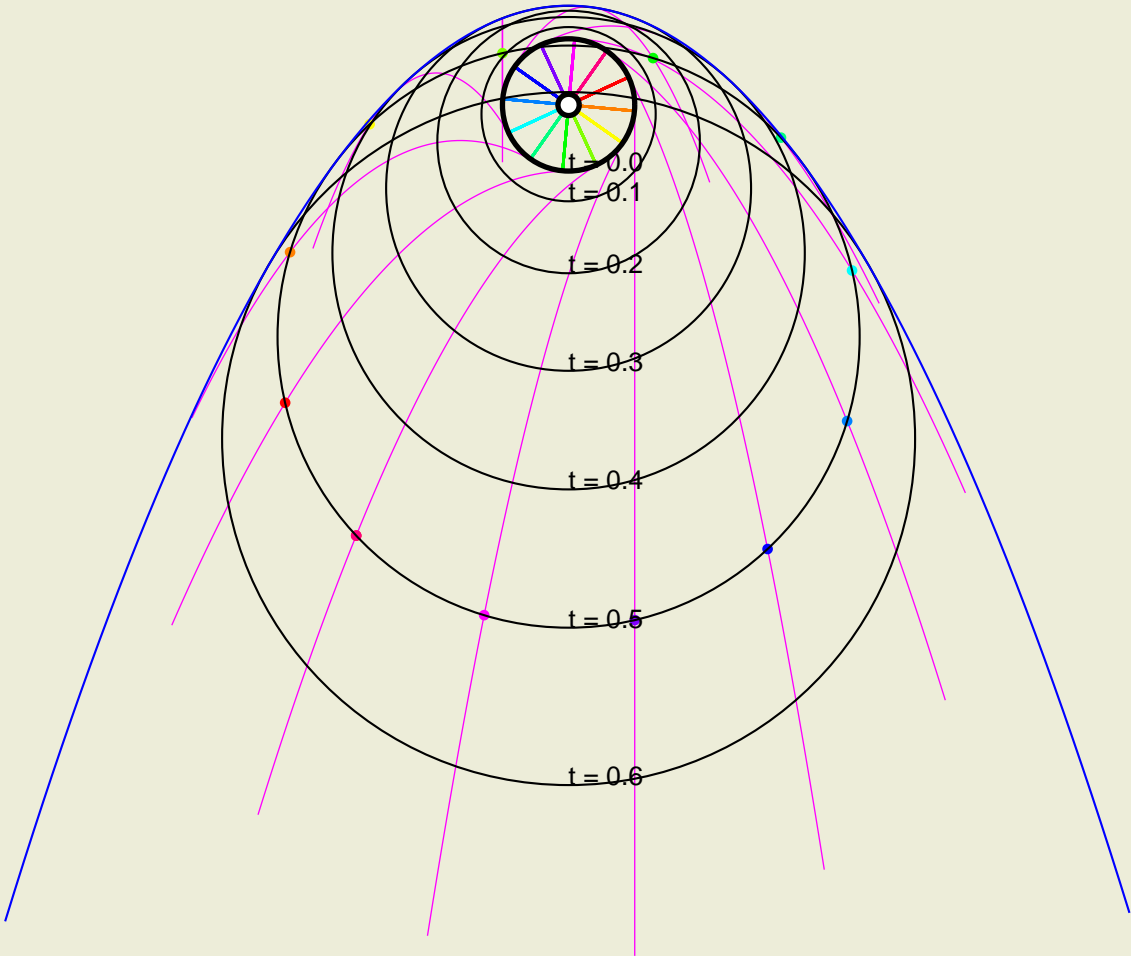


Figure 5: enveloppe des cercles

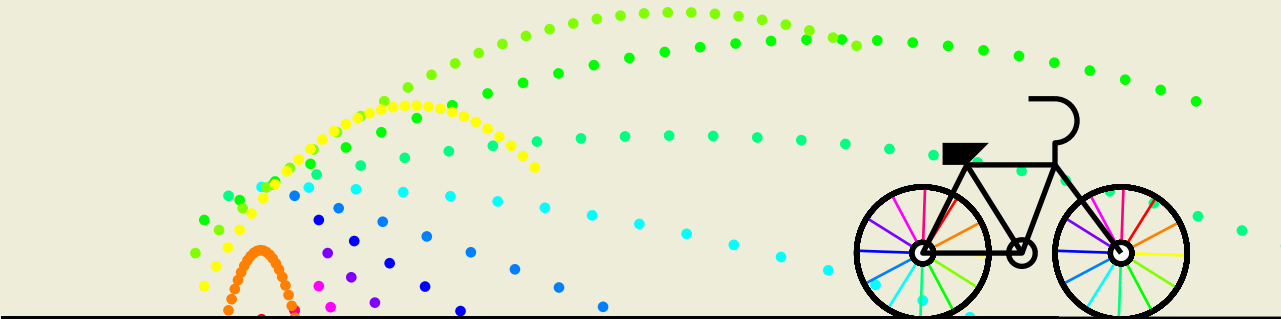


Figure 6: trajectoires absolues