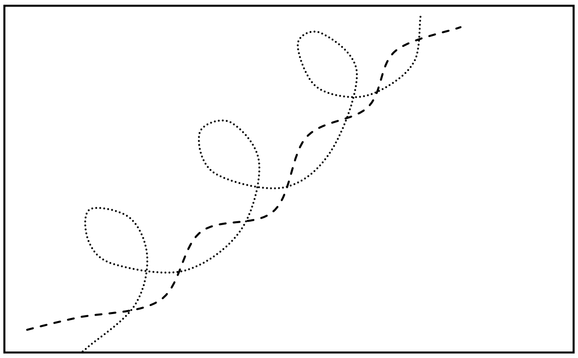
Mouvement d'un solide sur une table à coussin d'air
but du TP: vérification des lois de la cinématique du solide

1.enregistrements

la table à coussin d'air sera bien calée horizontalement, et on prendra soin de démêler les fils qui relient les mobiles autoporteurs au boitier d'alimentation.
Placer une feuille blanche sur la table, en notant bien que l'enregistrement du mouvement, se fait par une étincelle qui marque le dessous de la feuille. On fera plusieurs essais avant de faire les enregistrements définitifs (deux au total, voir ci-dessous) .

1.1 mobile constitué de deux masses égales :

accoupler les deux mobiles autoporteurs, et les lancer en leur donnant un mouvement de rotation, de manière à obtenir un tracé semblable à celui-ci :



on cherchera à obtenir quelques "boucles" afin de se placer dans un cas quelconque.

la fréquence des étincelles sera réglée à 40 ms

1.2 mobile constitué de deux masses différentes

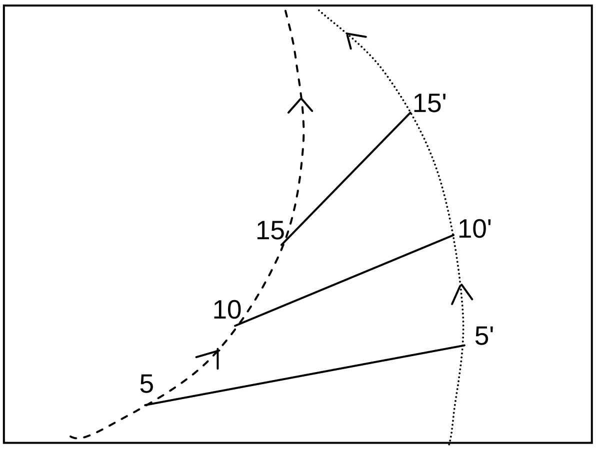
cette fois, on place une surcharge sur un des mobiles, et on recommence comme ci-dessus, afin de réaliser un second enregistrement.

2. exploitation des tracés :

chaque élève travaillera sur un des deux enregistrements. Il sera toutefois intéressant de comparer les résultats obtenus, notamment pour la rédaction des conclusions.
<u>Les feuilles seront rendues pliées en quatre, dans une feuille double comportant le compte-rendu.</u>

2.1 trajectoire du centre de masse

le théorême de la résultante dynamique s'écrit : $\mathrm{M}\vec{a}(\mathrm{G}) = \sum \vec{\mathrm{F}}_i$ pour un système quelconque. Dans le cas d'un solide "pseudo-isolé" sur une table à coussin d'air, cette relation devient :
$\mathrm{M}\vec{a}(\mathrm{G}) = \vec{\mathrm{P}} + \vec{\mathrm{R}} = 0$ La vitesse de G est alors constante, et son mouvement est rectiligne uniforme.
c'est ce que l'on se propose de vérifier ici



Au moyen d'un compas, vérifier que la distance entre les deux points correspondant au solide à un instant donné, reste constante. Numéroter les points de 5 en 5, et relier au crayon très fin les points numérotés correspondants.

porter sur chaque segment le point correspondant au centre de masse , et caractériser la trajectoire du centre de masse pour chaque tracé (vitesse, direction, etc..)

on rappelle que sur un axe portant les masses m_1 et m_2, la position du centre de masse est donnée par $(m_1 + m_2)\ OG = m_1\ OM_1 + m_2 OM_2$

soit, si l'origine est prise en M_1 : $M_1G = m_2\ M_1M_2/(m_1 + m_2)$

2.2 relation entre les vitesses de deux points d'un même solide

un solide est un ensemble de points situés à des distances invariables les uns des autres .On pourra donc écrire pour deux points quelconques $\vec{AB}^2 = \text{cte}$ soit d(**AB**²)/dt = 2 $\vec{AB}$ .d $\vec{AB}$ /dt = 0

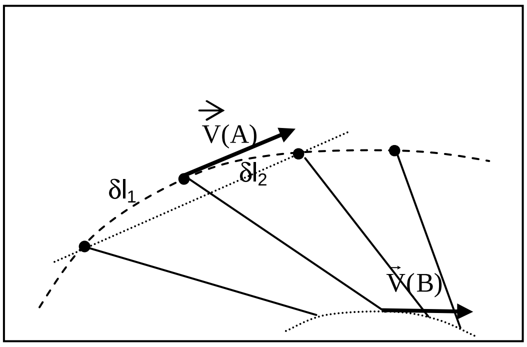
On en conclut que le vecteur d $\vec{AB}$ /dt est orthogonal à $\vec{AB}$ et donc on peut écrire $d\vec{AB}/dt = \vec{\Omega} \wedge \vec{AB}$ Le vecteur $\vec{\Omega}$ est appelé vecteur **rotation instantanée,** défini par $\vec{\Omega}$ =dθ/dt $\vec{u}_z$ si on considère une rotation autour de Oz repérée par l'angle θ.

Par ailleurs $d\vec{AB}/dt = d\vec{AO}/dt + d\vec{OB}/dt = -\vec{V}(A) + \vec{V}(B)$

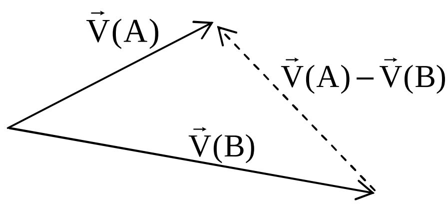
On obtient ainsi la relation fondamentale de couplage entre les vitesses de duex points d'un même solide à un instant donné: $\boxed{\vec{V}(A) = \vec{V}(B) + \vec{AB} \wedge \vec{\Omega}}$

Nous allons vérifier cette relation en plusieurs points sur les tracés précédents.

<u>tracé des vecteurs vitesses :</u> choisir un couple de points correspondants A et B pour lesquels les vitesses sont bien différentes et facilement mesurables (éviter les points trop rapprochés, les parties anguleuses de la trajectoire, les directions trop voisines). Mesurer δl_1 et δl_2, distances élémentaires qui encadrent le point choisi, la vitesse s'obtient par V(A)=(δl_1 + δl_2)/2δt et la direction de la tangente est donnée par la corde, si le rayon de courbure n'est pas trop petit.

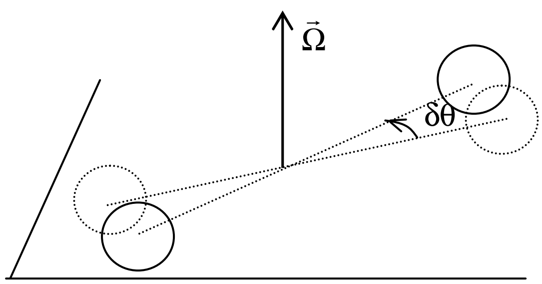


on reportera ensuite, avec une échelle convenable, les vecteurs vitesses, dans une zone voisine libre de la feuille on en déduit par construction la différence $\vec{V}(A) - \vec{V}(B)$



<u>détermination du vecteur</u> $\vec{\Omega}$: au cours du mouvement, le solide tourne d'un angle δθ pendant l'intervalle de temps δt; on mesurera donc l'angle entre deux positions successives pour en déduire la valeur de $\vec{\Omega}$ =dθ/dt $\vec{u}_z$ en radians.s^{-1}.

La direction et le sens seront déterminés à partir du mouvement du solide.



<u>construire alors</u>, en utilisant la même échelle que pour les vitesses, le vecteur $\vec{AB} \wedge \vec{\Omega}$ et comparer avec le vecteur $\vec{V}(A) - \vec{V}(B)$ obtenu précédemment. Conclusion?

<u>construction du centre instantané de rotation</u> (C.I.R)
à un instant donné, le solide tourne autour d'un point, le C.I.R, dont la position varie à chaque instant. Sa position est donnée par l'intersection des normales aux vitesses aux points A et B.
Construire le C.I.R, et retrouver la valeur de Ω à partir de la relation V = r $\dot{\theta}$ où r est la distance au C.I.R.) .Quelle est selon vous la méthode la plus précise ?

recommencer pour d'autres points.