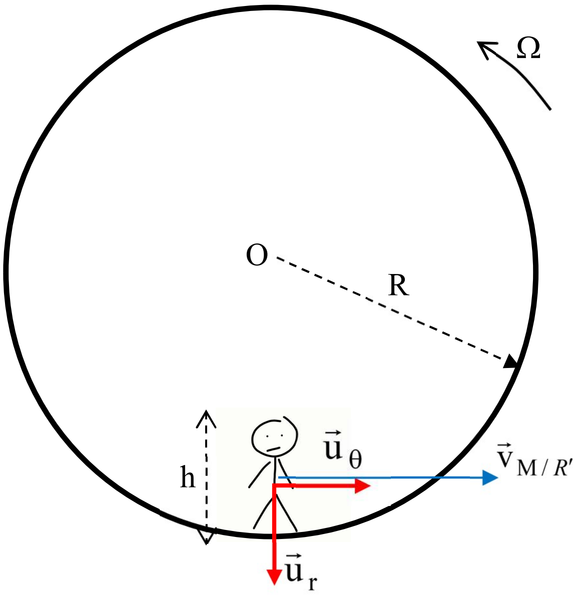
4.2.2 Dynamique référentiels en rotation-Exercice 21

Dans le film "2001 l'odyssée de l'espace" de Stanley Kubrick, un vaisseau spatial (photo de gauche) constitué d'un tore tourne autour de son axe avec une vitesse angulaire constante dans un référentiel galiléen.
Alors qu'ils sont loin de toute planète, les astronautes vivent dans le tore comme sur Terre (photo de droite), ils sont soumis à une gravité artificielle et l'on voit même, dans une des scènes du film, l'un d'entre eux nommé Poole faire un jogging.

- Évaluer le rayon du vaisseau et sa vitesse angulaire de rotation pour que les astronautes subissent une gravité artificielle de valeur équivalente à celle existant sur Terre, à 10% près.

- Expliquer alors pourquoi il peut être très fatigant de courir dans la station spatiale (on choisira des valeurs numériques pour illustrer le raisonnement). Le sens choisi pour faire le footing est-il important ?


On se place dans le référentiel non galiléen *R′* lié à la station.
R′ est en rotation à la vitesse angulaire constante Ω par rapport à un référentiel galiléen.



Loin de toute planète il n'y a pas de gravité naturelle.
La gravité artificielle est due à la <u>force d'inertie d'entraînement centrifuge</u> : $\vec{F}_{ie} = mr\Omega^2\vec{u}_r$

Le champ de pesanteur apparent est donc : $\vec{g}(r) = r\Omega^2\vec{u}_r$

Au niveau des pieds de l'astronaute, on veut un champ de pesanteur égal à $g = 9{,}81\ m.s^{-2}$ comme sur Terre.
Au niveau de la tête de l'astronaute on veut un champ de pesanteur de 0,9g.

Donc : $R\Omega^2 = g$

$(R-h)\Omega^2 = 0{,}9g$

D'où : $R = 10h$ A.N : <u>R = 18 m</u> si on prend h = 1,8 m

$\Omega = \sqrt{\dfrac{g}{R}}$ A.N : $\Omega = 0{,}74\ rad.s^{-1}$ = <u>7 trs/min</u>

Si l'astronaute court, il est en plus soumis à la <u>force d'inertie de Coriolis</u> :

$\vec{F}_{ie} = -2m\vec{\Omega}\wedge\vec{v}_{M/R'} = -2m\Omega\vec{u}_z \wedge v\vec{u}_\theta = 2m\Omega v\vec{u}_r$

Si v > 0 (course dans le sens trigonométrique) :
Cette force se rajoute à la force centrifuge. Le coureur « pèse » plus lourd et la course est plus fatigante.

Si v < 0 (course dans le sens horaire) :
Cette force se soustrait à la force centrifuge. Le coureur « pèse » moins lourd et la course est moins fatigante.

Pour $v = 10\ km/h = 2{,}8\ m.s^{-1}$, le champ de pesanteur apparent en plus ou en moins vaut $2\Omega v = 4{,}11\ m.s^{-2}$
Il faut donc courir dans le sens horaire.
