

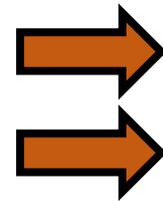
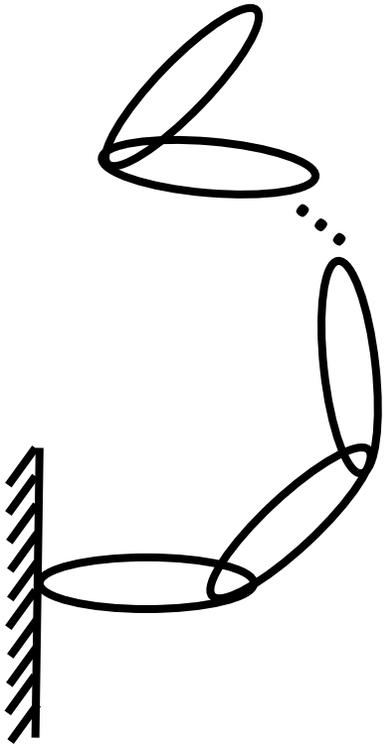
Simulation des systèmes de solides rigides polyarticulés

1- Introduction

Charles Pontonnier



Positionnement du problème

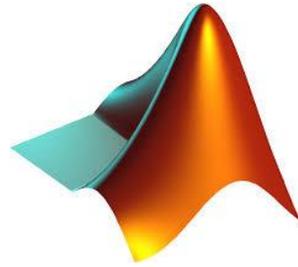
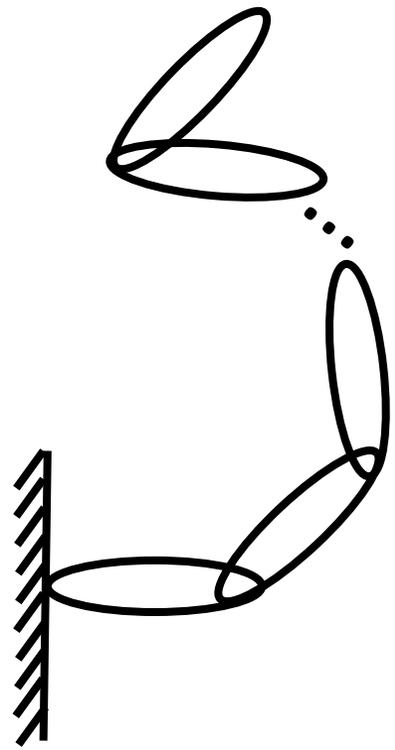


Simuler le comportement dynamique de tels systèmes

Contrôler le comportement dynamique de tels systèmes



Positionnement du problème



Simscape/Multibody
Spatial V2

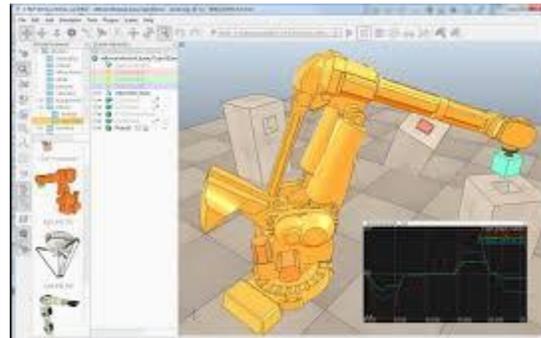
...



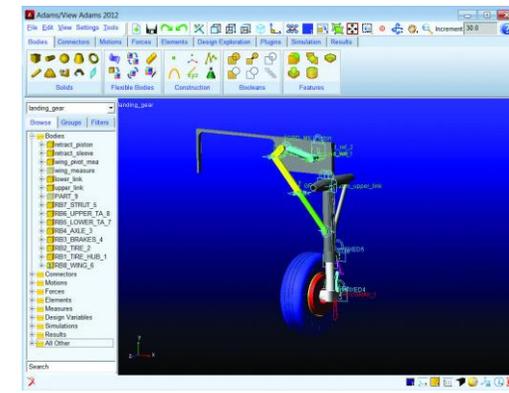
GAZEBO

Gazebo

Solidworks motion



V-REP



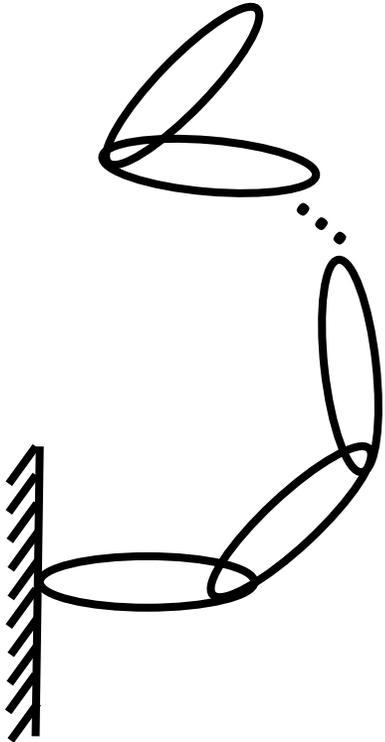
MSC ADAMS



Nécessite d'établir et de résoudre les équations du mouvement !!!



Positionnement du problème

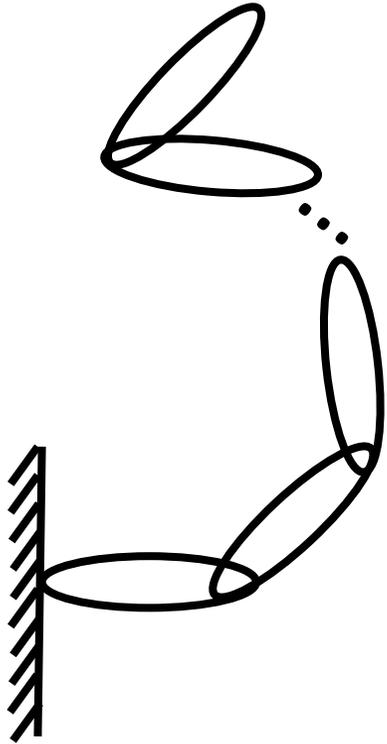


Soit un système de n_b
Solides polyarticulés avec n_q liaisons
Eventuellement n_l équations de contraintes (holonômes ou non) \rightarrow inconnues supplémentaires (inconnues de liaison / multiplicateurs de lagrange λ)

q vecteur des coordonnées articulaires

- $\rightarrow n_q$ équations du mouvement décrivent l'évolution de ce système au cours du temps**
- $\rightarrow n_l$ équations supplémentaires viennent compléter les équations**

Comportement dynamique d'un système de solides rigides polyarticulés



Soit un système de n_b
solides polyarticulés avec n_q liaisons

$$H(\mathbf{q})\ddot{\mathbf{q}} + C(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}})\dot{\mathbf{q}} + G(\mathbf{q}) = E(\mathbf{q})\mathbf{f}_e + B(\mathbf{q})\mathbf{f}_a$$

Matrice de masse

Coriolis/centrifuge

Gravité

Efforts extérieurs

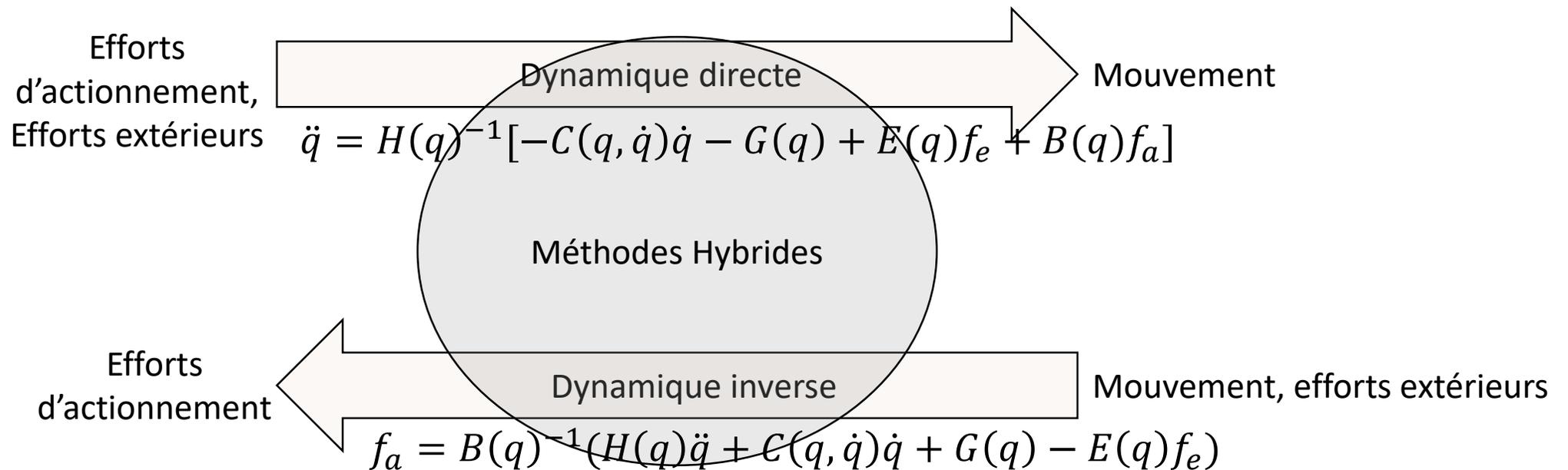
Efforts des actionneurs

Les n_q équations peuvent prendre la forme matricielle suivante



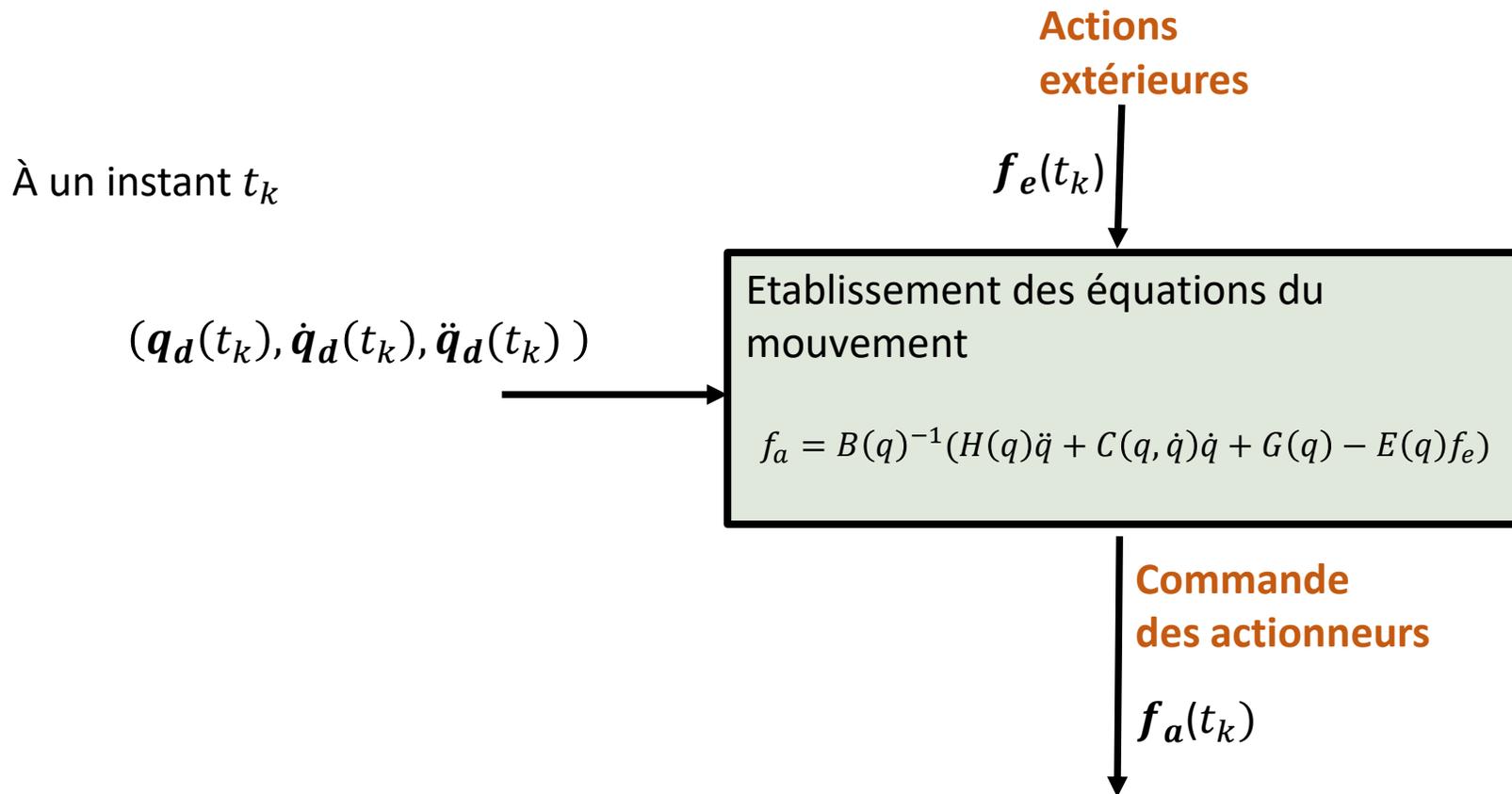
2 problèmes distincts et complémentaires

$$H(\mathbf{q})\ddot{\mathbf{q}} + C(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}})\dot{\mathbf{q}} + G(\mathbf{q}) = E(\mathbf{q})\mathbf{f}_e + B(\mathbf{q})\mathbf{f}_a$$

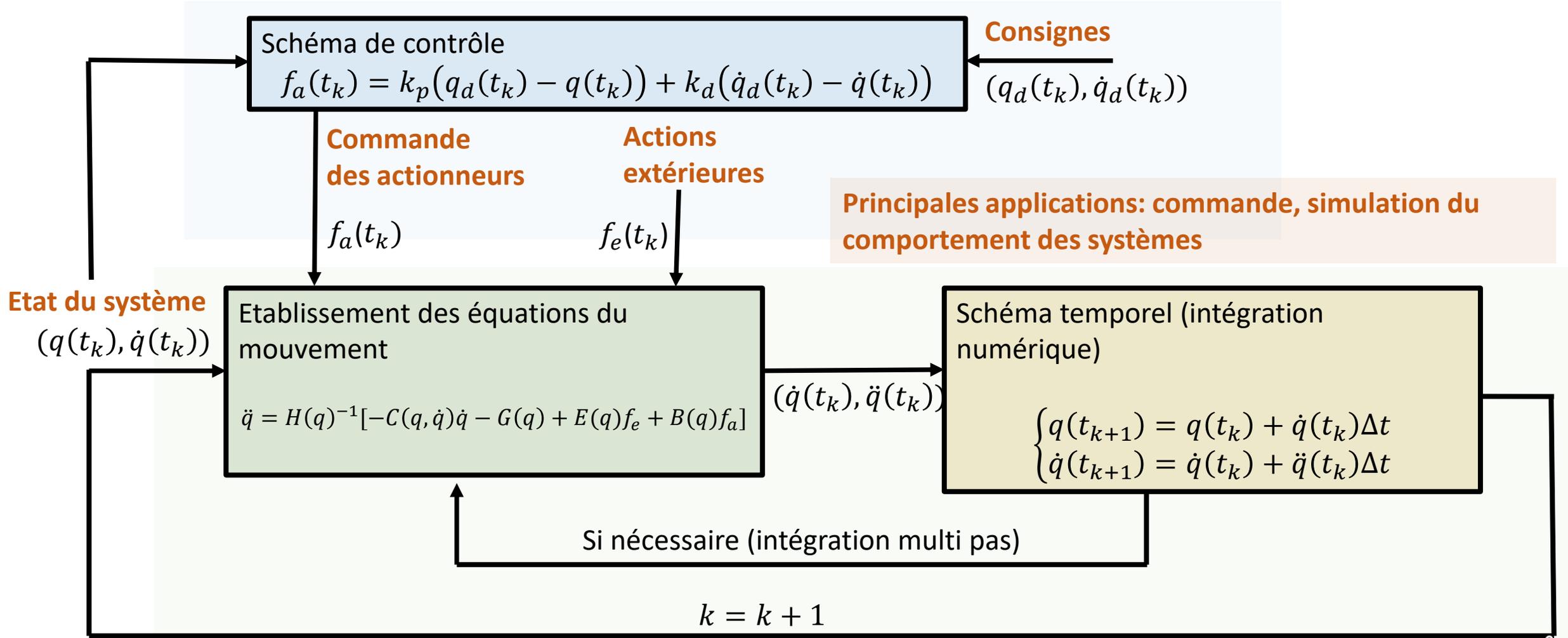


Dynamique inverse

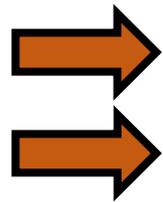
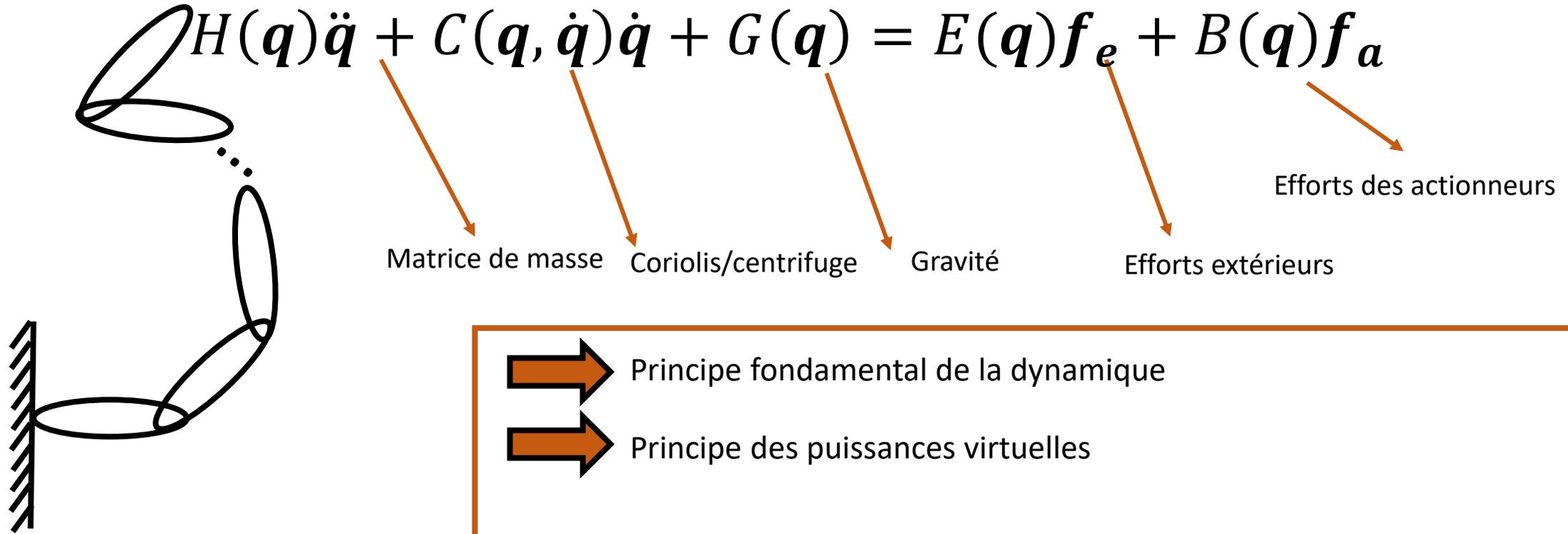
Principales applications: dimensionnement, commande (compensation temps réel ou planifiée des efforts dynamiques en robotique, commandes en couple)



Dynamique directe



Obtention des équations



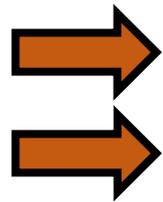
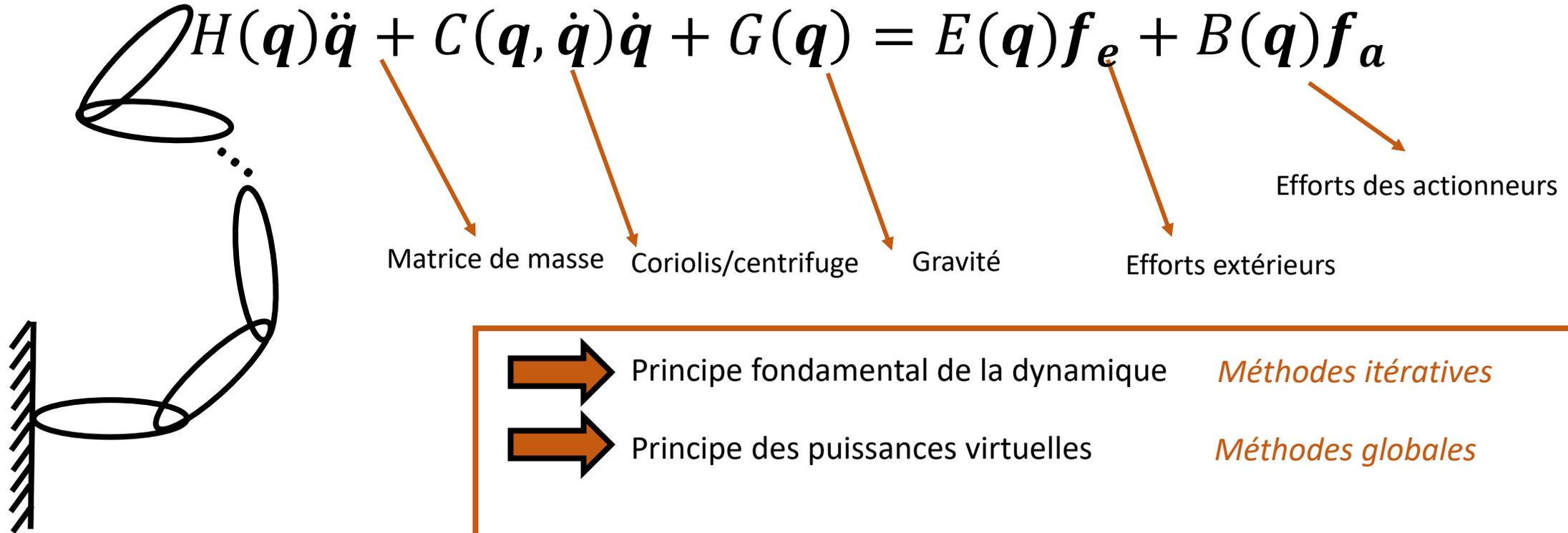
Principe fondamental de la dynamique

Principe des puissances virtuelles

Les équations s'obtiennent par des algorithmes

Soit un système de n_b solides polyarticulés
avec n_q liaisons

Obtention des équations



Principe fondamental de la dynamique

Méthodes itératives

Principe des puissances virtuelles

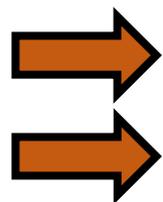
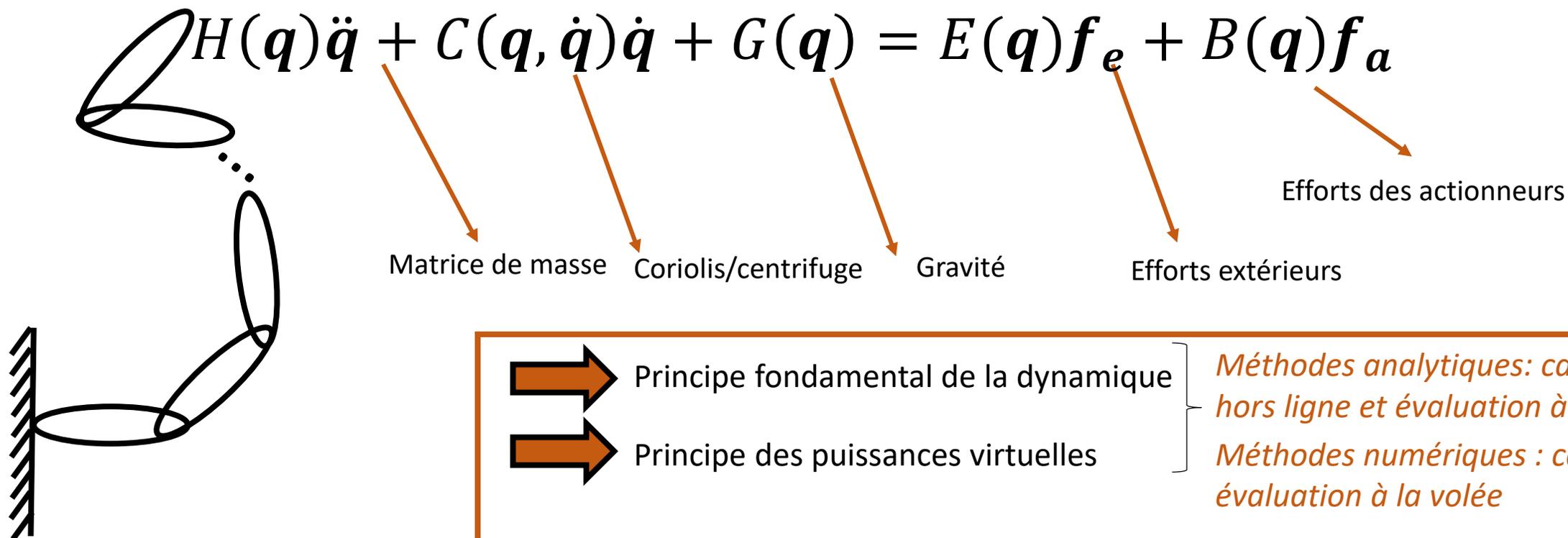
Méthodes globales

Les équations s'obtiennent par des algorithmes

Soit un système de n_b solides polyarticulés
avec n_q liaisons



Obtention des équations



Principe fondamental de la dynamique
Principe des puissances virtuelles

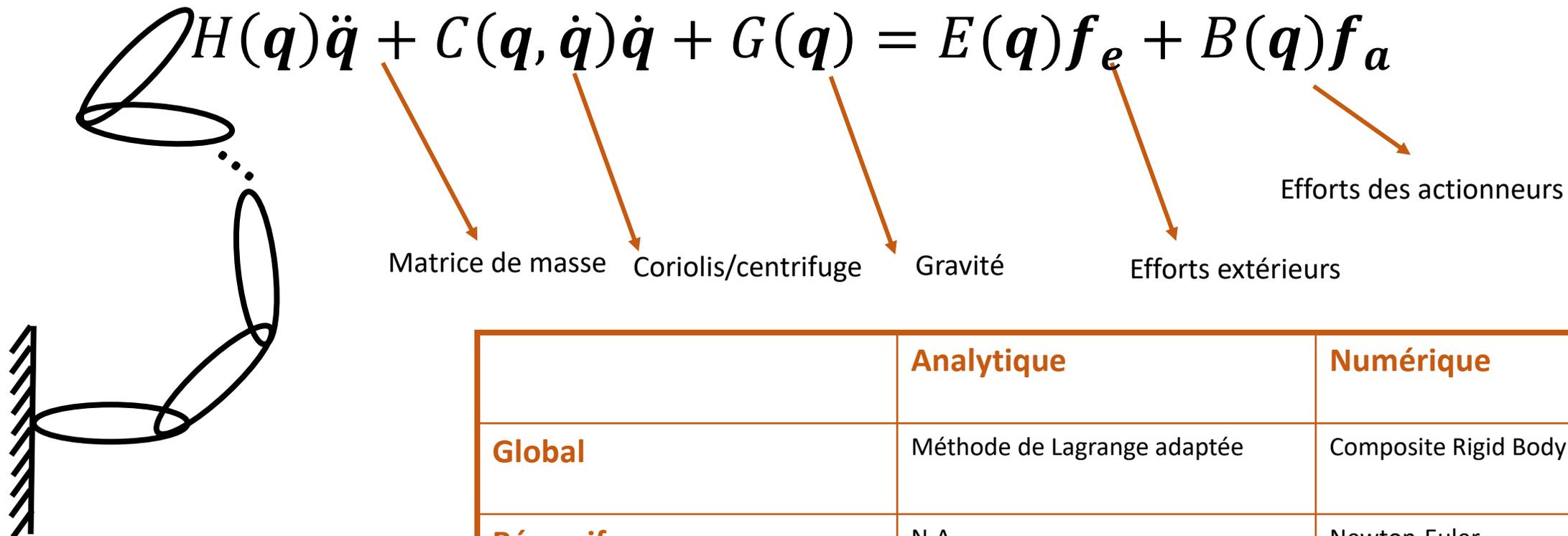
Méthodes analytiques: calcul formel hors ligne et évaluation à la volée
Méthodes numériques: calcul et évaluation à la volée

Les équations s'obtiennent par des algorithmes

Soit un système de n_b solides polyarticulés avec n_q liaisons



Obtention des équations

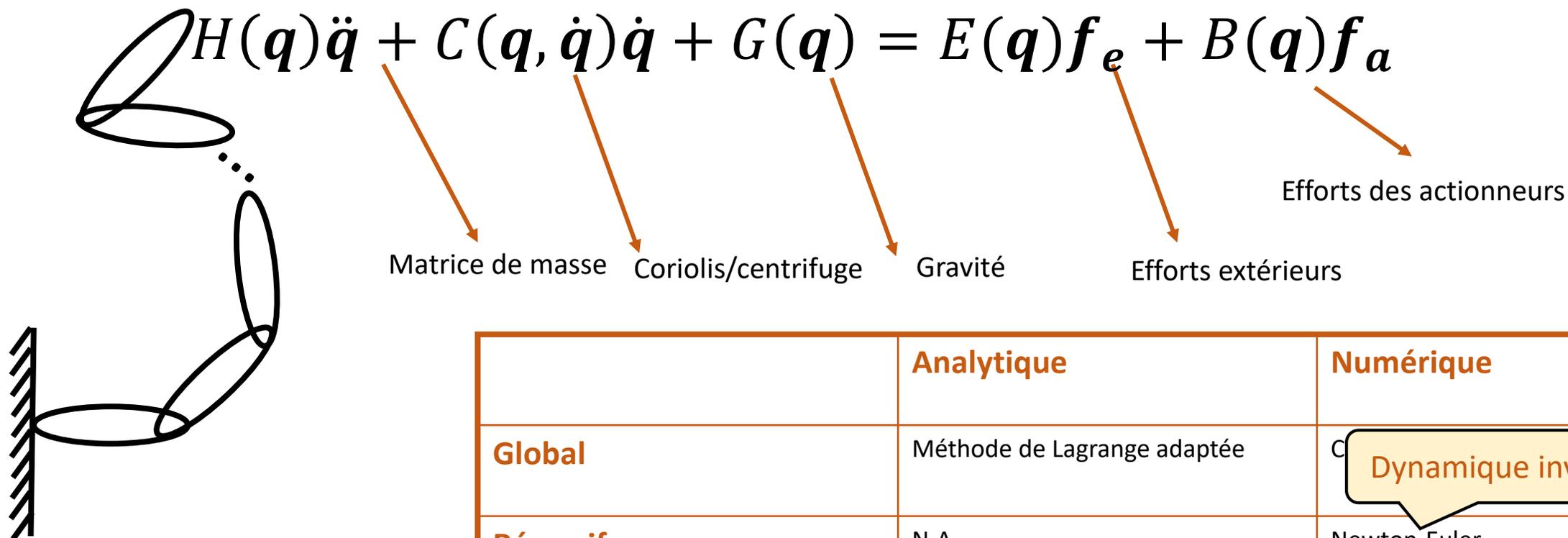


	Analytique	Numérique
Global	Méthode de Lagrange adaptée	Composite Rigid Body Algorithm
Récurif	N.A.	Newton-Euler Articulated Body Algorithm

Soit un système de n_b solides polyarticulés avec n_q liaisons



Obtention des équations

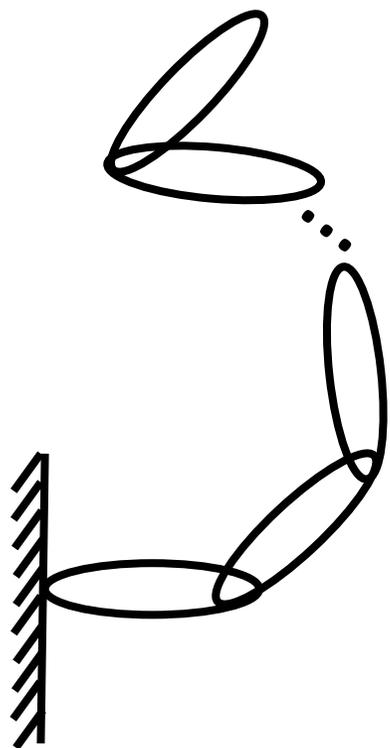


	Analytique	Numérique
Global	Méthode de Lagrange adaptée	C <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Dynamique inverse</div> m
Récurif	N.A.	Newton-Euler Articulated Body Algorithm

Soit un système de n_b solides polyarticulés avec n_q liaisons



Obtention des équations



$$H(\mathbf{q})\ddot{\mathbf{q}} + C(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}})\dot{\mathbf{q}} + g(\mathbf{q}) = \mathbf{f}_e + \mathbf{f}_a$$

Matrice de masse

Coriolis/centrifuge

Gravité

Efforts extérieurs

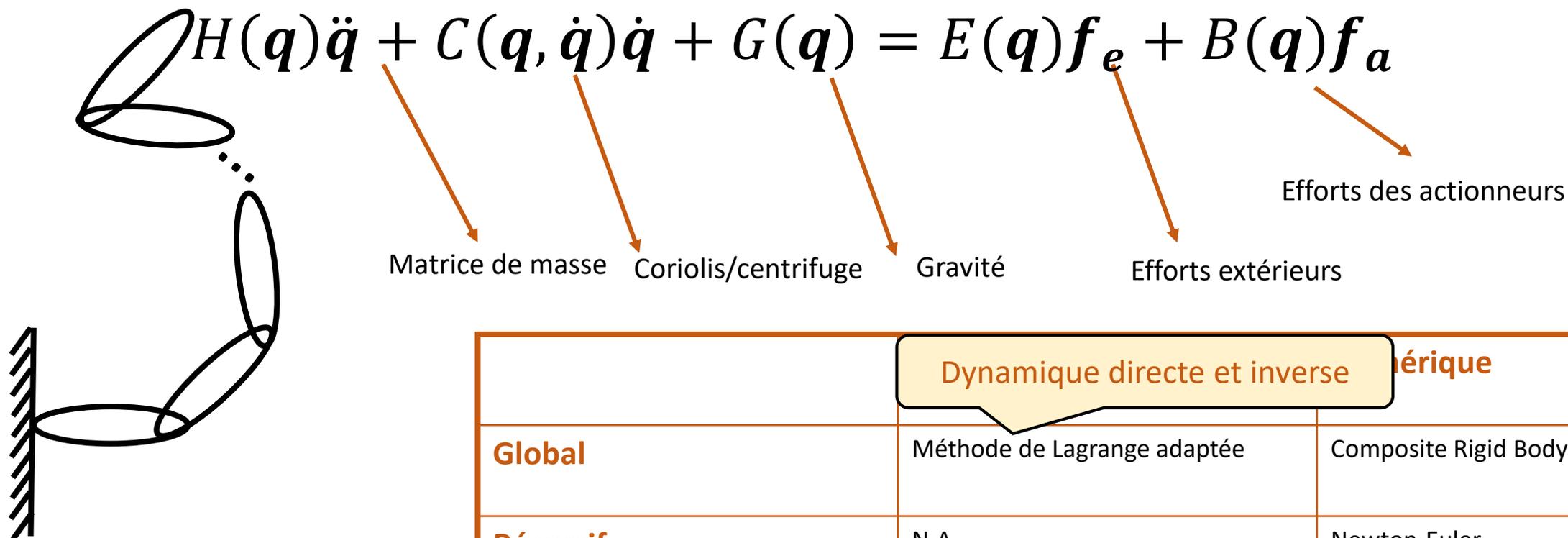
Efforts des actionneurs

	Analytique	Nu
Global	Méthode de Lagrange adaptée	Composite Rigid Body Algorithm Dynamique directe
Récuratif	N.A.	Newton Articulated Body Algorithm

Soit un système de n_b solides polyarticulés avec n_q liaisons



Obtention des équations



	Dynamique directe et inverse	Numérique
Global	Méthode de Lagrange adaptée	Composite Rigid Body Algorithm
Récurif	N.A.	Newton-Euler Articulated Body Algorithm

Soit un système de n_b solides polyarticulés avec n_q liaisons



Dans ce cours

	Analytique ①	Numérique ③
Global	Méthode de Lagrange adaptée	Composite Rigid Body Algorithm
Récuratif	N.A.	Newton-Euler Articulated Body Algorithm

+ Rappels de mécanique générale ①

+ Schémas d'intégration temporelle ②

+ Contraintes et contacts ④

Asynchrone (vidéos, évaluations en ligne, TDs numériques) et projet

