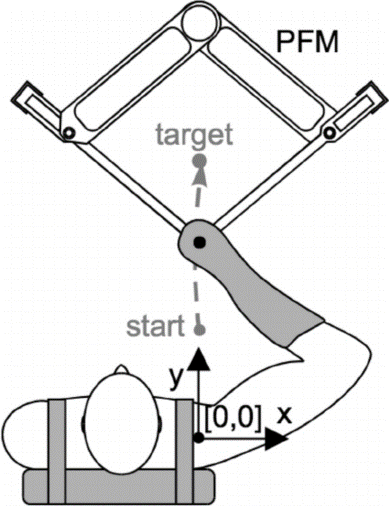
* Cervelet = Connue comme un comparateur, processing inputs and sending outputs dans tout le cerveau
* Prblématique du papier : review models that are aimed at understanding the cerebellum’s possible role in motor learning and control at the functional level.
* **Forward** = **models** capture the forward or causal relationship between inputs to the system, such as the arm, and the output
  + A forward dynamic model of the arm, for **example**, predicts the next state (e.g. position and velocity) given the current state and the motor command.
* **Inverse** **models** invert the system by providing the motor command that will cause a desired change in state.
  + They are, therefore, well suited to act as controllers as they can provide the motor command necessary to achieve some desired state transition.

Inverse models

* 1ere idée Pourquoi : éviter des calcul compliqué au CNS en utilisant les proprité des muslces et des articulation -> need bcp de feedback de la part des muscles. + rigidité forte (jsp pk)
* 2ème idée : Le CNS a un inverse model -> bras controlé avec peu de rigidité
* PFM :  meusure la rigidité
* -> Low stiffness -> Inverse model
* CNS : ne connait pas l’erreur commise nis le model envoyé (je crois)
* Problem de conversion sensory error -> motor error
  + -> Cerebellar Feedback-error-learning model (CBFELM) = fig 1
  + Feedback controller : trajectory error = sensory coordinate -> Feedback motor command-> Train the model
  + Simple Spikes = feedforward motor commands
  + Parallel fiber inputs = desired trajectory ‘as well as the ’ sensory feedback of the current state of the controlled object
  + Climbing fiber inputs = carry a copy of the feedback motor commands
  + Complex spikes (CS) of P-cells = activé par les climbing fiber = sensory error signals in motor command coordinates
  + Chaque commande moteur = une partie du cervelet
* Preuve du CBFELM :
  + EXP ventral paraflocculus (**VPFL**) du singe pendant des ocular following responses (OFR)
  + OFR = tracking movement of the eyes evoked by movements of a visual scene -> permit a visual stabilization of the gaze
  + Fig 2 = le CBFELM dans la partie du cerveau des singes dédiés au OFR
  + Vieux (phylogénétiquement) CBFELM du singe = Retina + Accesory optic system (AOS) + brain stem
  + Nouveau CBFELM du singe = plus sofistiqué =cerebral/cerebellar cortical pathway + cortex
  + EXP :
    - sur qui transport quoi
      * SS waveform of P-Cell in VPFL = bien prédite par le model avec une combinaison linéaire de la velocity et de la position des yeux, coef proche des neurones moteurs -> VPFL P-Cell encode the dynamics components of moteur command = commande moteur = dynamics part of the necessary motor command (?)
      * …. -> Paralell fiber inputs = desired trajectory information
    - Les commande moteur (sous forme de SS) transporté par les climbing fiber = (= Complex stike) pour une plasticité directe
      * SI oui alors même temporalité et spacialité
      * -> NON ce n’est pas le cas
      * Climbing fiber = red // dynamics command signals = SS = green
      * Signaux à l’opposé
      * + proba différente
    - Climbing fiber = sensory error signal in motor command coordinates
    - MST et DLPN neuron (des zone particulière) 360 direction vs P-cell = vertical/horizontal (comme les yeux + une stimulation bouge les yeux ) -> il y a une conversion entre les deux -> Parallel fiber == drastic visuomotor coordinate transformation
      * Comment c’est possible ? qui l’a mis là ? voir le if surligné gauche page 4
* 3 composante du mouvement
  + Trajectory palnnung,
  + coordinate tranformation
  + Calculuation of motor commands
* Il y a un model pour ça
* Limite :
  + On est pas sur si la plasticité à long terme des synapses est la méthode principal de mémorisation
  + Preuve direct et rigoureuse uniquement pour des petite partie du cervelet (et pas pour tout comme les gens pensent)
  + Peut être d’autre endroit
* Preuve récente pour le CBFELM avec
  + Visually guided arm mouvement
  + Lerning of a new tool

Forward model :

* Forwar/causal representation du gest
* Input : current state + copy of launched motor command -> output : estimate of the new state of the arm
* Utilité :
  + Bah ouais parce que ça fait que reproduire de l’information qu’on a déjà par le système proprioceptif
  + Plein d’utilité mais une seule expliqué ici : crusial motor control signals used to control mouvement
    - Exemple visually guided tracking tasks : délai entre l’input&processing visual et le command est déjà sortie
    - Exemple fast arm mouvement = sensory feedback only at the end of the movement
  + -> provide missing feedback information without delay
* Smith Predictor :
  + Utilisé pour controller un system avec des long transport delays
  + Delai = sensory processing, sensory motor coupling, motor execution (long en comparaison avec le temps du mouvement)
  + Smith predictor = forward model + model of transport delays
    - 2 forward model
  + Output = motor command -> utilisé pour générer du feedback sur la commande moteur
  + -> PAS OCMPRIS Thus, the Smith Predictor has two forward models; one is a forward model of the arm dynamics, and its output is a state estimate or prediction, and the other is a forward output model that transforms and delays the state estimate to form an estimate of reafference
* Pas de prevue direct
  + MAIS enregistrement unicellulaire en cours dans le cerebellar cortical cells
  + + test si leurs réponse son corélé avec le mouvement de la main ou celui du curseur (visual outcome of movement) in a mirror movement task
  + Pour l’instant les résultats
    - We have preliminary evidence **that a significant proportion of directionally sensitive cells** in the intermediate cerebellar cortex are more strongly related to **the direction of cursor movement than to the movement of the hand itself**
  + Un autre étude
    - Activity profiles of P-cells
    - Initialement corrélé avec le mouvement PUIS avec le mouvement du curseur
  + Il est possible de prédire l’activité des CS 150ms après à partir des donnée SS -> output a predictive signal
    - 150ms = même délay que pour climbing fiber input + équivalent à la prediction interval in this task
* Preuve indirecte :
  + Showing that cerebellum is concerned with processins sensory reafference
    - Allometric studies
    - Functional imaging studies
    - Clinical studies
  + Human movement studies : consistent with learning and use of a forward model
  + Data from electrophysiology :
    - Cerebellar cortex + climbing fiber = role **more** **consistent** with sensory reafferent prediction **than** motor command generation
  + Simulation du control d’un bras avec un smith predictor
    - Mauvais forward model -> même symptome que dans une ataxie du cervelet
* Limite :
  + Entrainement simultané de deux forward modèle
    - problème structurel car climbing fiber input from inferior olive induce long term depression of the P6cell inputs
    - -> Learning rate differente :
      * Visually guided tracking task with delay
      * Adaptation plus longue que les changement in task dynamics qui prenne des heures ?
  + Delayed error signals from the olive can affect the appropriate parallel fiber P cell synapses qui était actif 150ms avant (prblm rencontré dans beaucoup de model)
    - Actuellement en train de tester des model ou les p-cell garde une trace de l’activité précédante

Plusieurs forward & inverse model :

* Cervelet souvent vu à un modular system
* Humain s’adapte a plusieurs environnement incertain très vite -> beaucoup de combinaison possible ->
  + Solution 1 : un contrôler qui prend en compte le contexte pour produire un signal approprié
    - Très complexe pour prendre en compte tout les scénario possible
    - Sinon il doit s’adapté à chaque changement de contexte avant de produire des motor commande approprié = bcp d’erreur forte
  + Solution 2 : Approche modulaire avec multiple controller that coexist
    - Chaque controller suitable for one or a small set of contexts
    - Choisi en function du context
* Arg solution 2 :
  + World is modular : bcp d’objet -> chaque model par objet = efficent coding of the world
  + Chaque module peut s’adapter individuellement sans influencer les autres
  + Bcp de situation son dérivé de celle d’avant
    - 32 model qui dérive les un les autre = 2^32 possibilité
  + Dé-adaptation quicker than adaptation -> switching process = main process
* Choix du model corespondant au contexte :
  + Un forward model qui determine la respoçabilité de chaque sous model dans le mouvement
  + Inputs :
    - Uses of sensory contextual cues
    - Test de every forward model prediction pour voir celui qui fait le moins d’erreur
* Circuit diagram en cours d’élaboration