

Balances et mobiles : de Roberval à Calder

ou comment lier les sciences et les arts à la maternelle

Roberval et Calder



- Gilles Personne de Roberval est un mathématicien et physicien français (1602-1675). Il fut célèbre en son temps pour son caractère entier et querelleur.



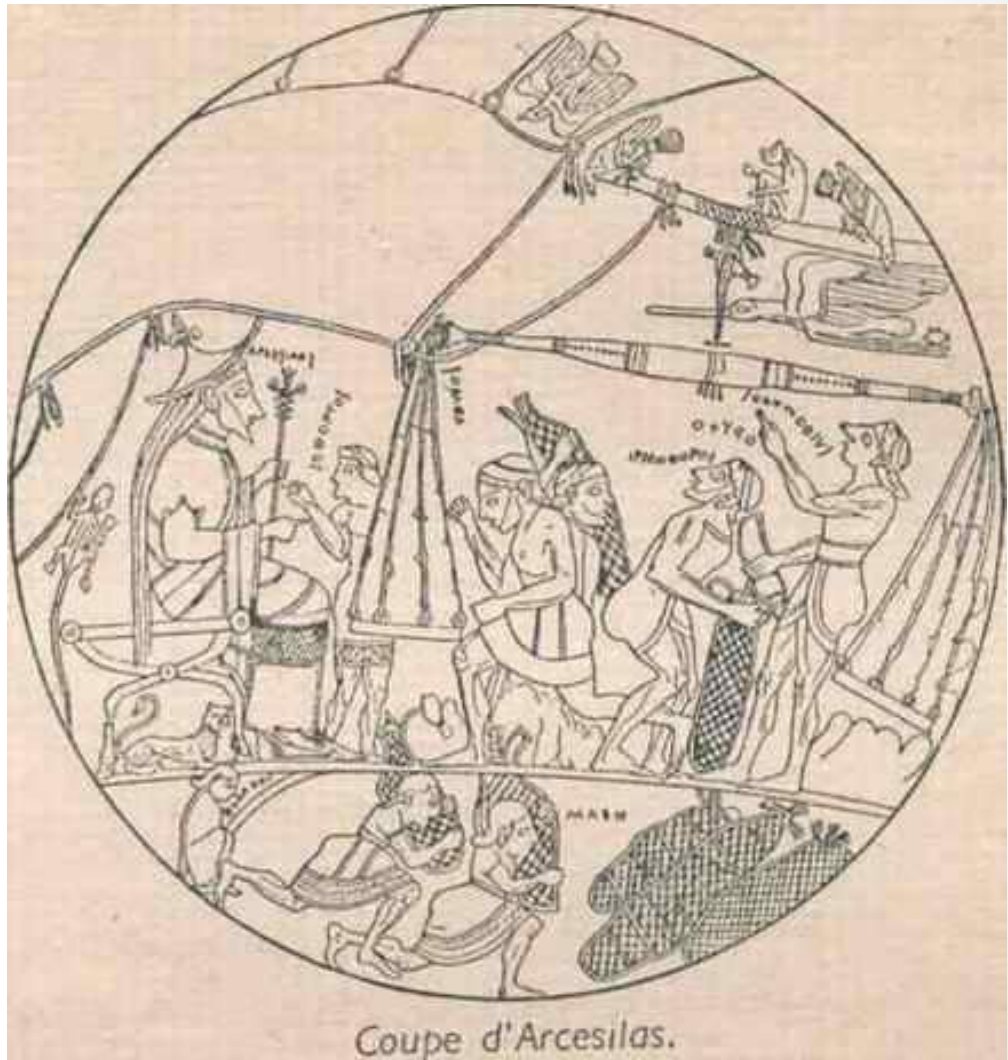
- Alexander Calder est un sculpteur et peintre américain (1898-1976). Il est surtout connu pour ses mobiles, assemblages de formes animés par les mouvements de l'air, et ses stables.

Programmes

- Découvrir le monde > Découvrir les objets : Les enfants découvrent les objets techniques usuels (lampe de poche, téléphone, ordinateur...) et comprennent leur usage et leur fonctionnement : à quoi ils servent, comment on les utilise.
- À la fin de l'école maternelle l'enfant est capable de : reconnaître, nommer, décrire, comparer, ranger et classer des matières, des objets selon leurs qualités et leurs usages.

Balances : à travers les âges

- Naissance de la mesure
- Naissance de l'objet :
≈ 5 000 ans avant J.C.
- Naissance des unités de mesure
- Les premières balances
 - 1 fléau
 - 1 corde
 - 2 plateaux
 - Estimation de l'horizontalité au jugé



Plateau de balance en terre cuite d'origine Spartiate (VI siècle 560 avant J-C)

Balances : à travers les âges

- Amélioration des Egyptiens (vers 1 500 ans avant J.C.)
 - Estimation de l'horizontalité au fil de plomb



Gravure égyptienne

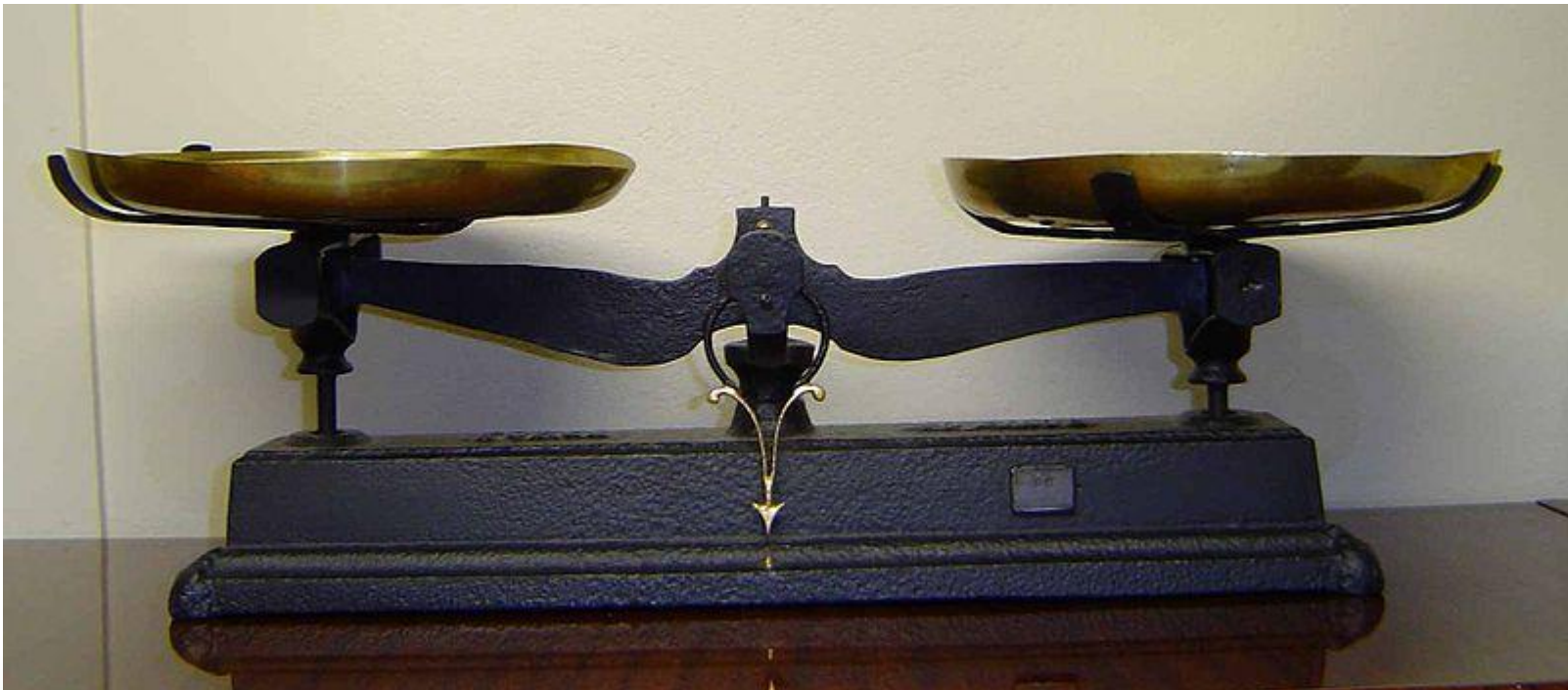
Balances : à travers les âges

- Balance romaine



Balances : à travers les âges

- Balance Roberval (1669) : ingénieuse idée de placer les plateaux au-dessus du fléau, alors que depuis des millénaires, ils étaient placés en dessous.



Balances : à travers les âges

- Lavoisier (1743-1794) introduisit dans les laboratoires de chimie le trébuchet qui devint désormais l'instrument indispensable de toutes les analyses.



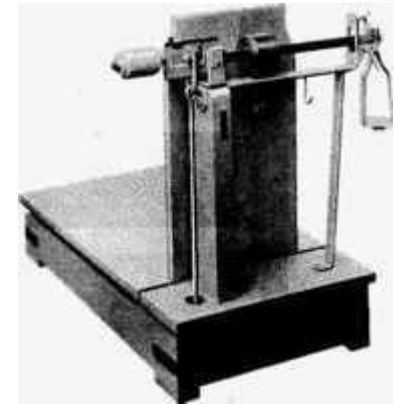
Balances : à travers les âges

- La balance à ressort
- En 1680, M. BARDONNEAU «Maître Balancier à Limoges » inventa une balance sans poids pour peser les monnaies qui ont cours dans le Royaume par le moyen d'un ressort caché. (l'aiguille coulisse jusqu'au repère depuis le demi-Louis jusqu'à l'écu)
- En 1765, M. HANIN présente à l'Académie Royale des Sciences un peson à ressort de son invention auquel il a adapté une aiguille qui indique le poids.



Balances : à travers les âges

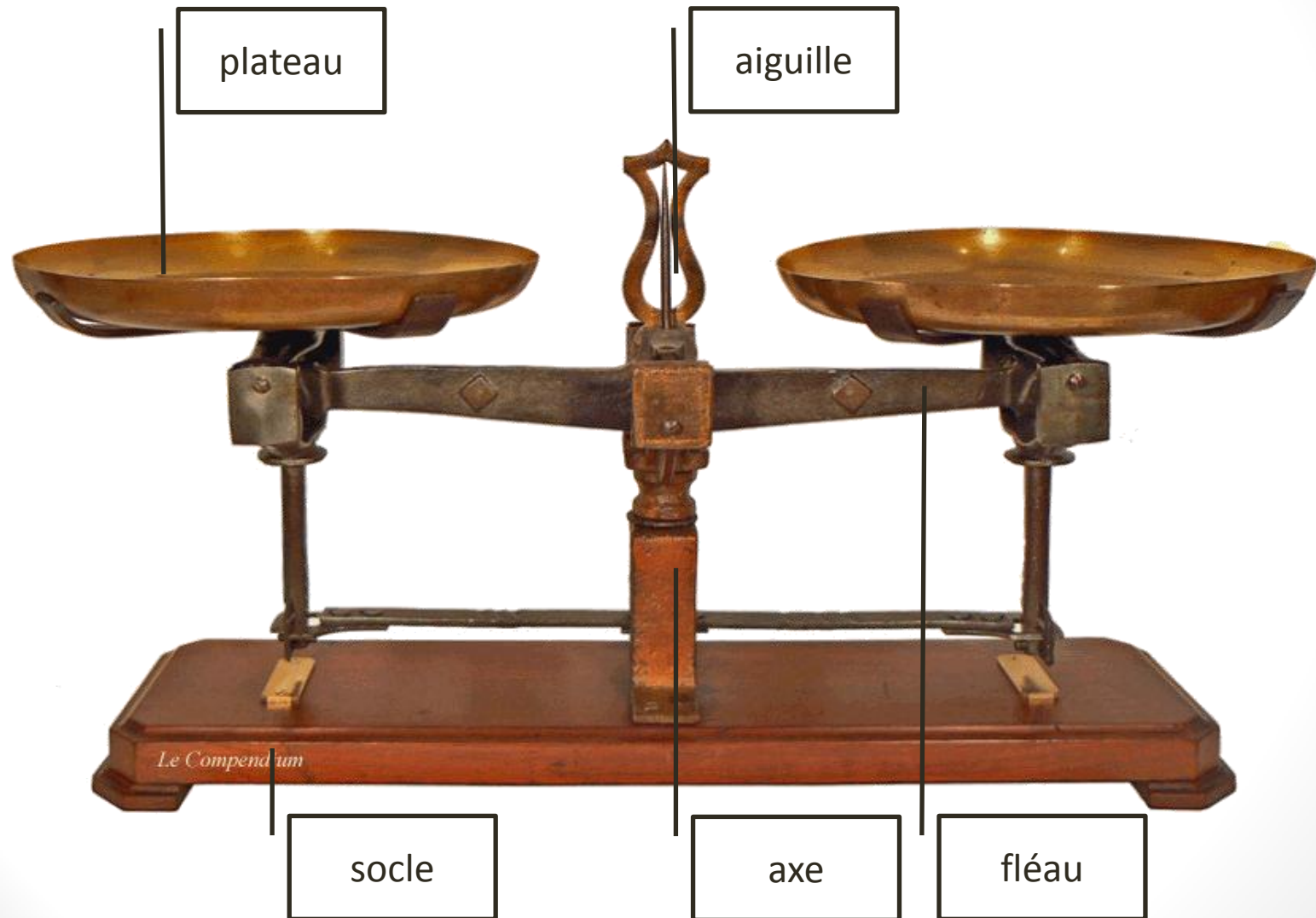
- La bascule (18^e siècle)
- La balance Béranger (19^e siècle)



- La balance de ménage (20^e siècle)
- La balance semi-automatique
- Le pèse-lettre
- La balance électronique
- La balance la plus sensible au monde (2012) permet de peser au yoctogramme (10^{-27} kg) près.



Lexique



Qualités d'une bonne balance

- Juste : elle reste horizontale lorsqu'on place des masses égales dans chacun des deux plateaux,
- Sensible : l'addition d'une masse petite détermine une inclinaison appréciable du fléau,
- Fidèle : elle fournit toujours la même indication pour le même objet à peser, quelle que soit la position de cet objet sur l'un des plateaux.

ETALONNER

Démarche scientifique

Des étapes pour des démarches d'investigations scientifiques en maternelle

Un temps pour découvrir

Une situation déclenchante
concrète et partagée

Un temps pour se questionner



Nous nous posons une question

Un temps pour exprimer ses idées



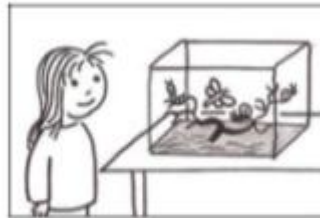
Nous avons des idées pour
trouver une réponse

Démarche scientifique

**Un temps pour
chercher**



Je réalise une
expérience



J'observe



Je cherche dans des
documents



Je trouve une réponse

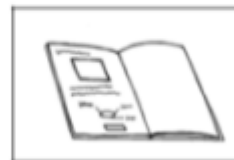
Nous trouvons une ou des
réponses



**Un temps pour
communiquer**

**Un temps pour
structurer**

- à l'oral
- à l'écrit dans le cahier d'expériences et d'observations
et sur un affichage collectif



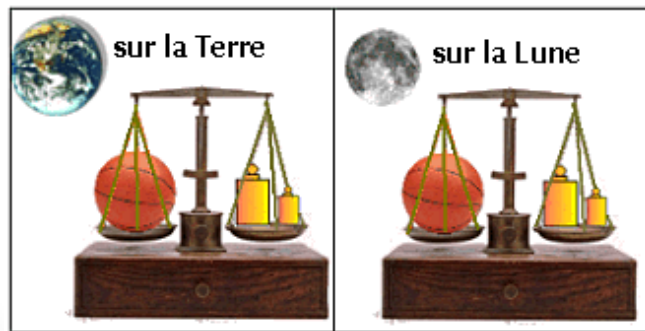
Nous avons appris...(connaissances)
Nous sommes capables de...(compétences)

Expérimentation

- Expérimentation en GS-CP
 - 25 élèves : 12 GS et 13 CP
 - Les CP ont déjà travaillé cette notion en GS
 - Matériel : 9 balances (type Roberval, à fléau) pour manipulation par groupe de 2 ou 3
- Connaissances à construire
 - Une balance permet de comparer des masses (des poids ???)
 - Le résultat est le même selon la balance utilisée
 - La taille n'influe pas sur la masse : un objet grand n'est pas forcément le plus lourd
 - Le plateau penche du côté du plus lourd : notion de déséquilibre
 - L'équilibre est atteint à l'horizontale : notion d'équilibre

Masse - poids

- Que mesure-t-on avec une balance ? Un poids ? Une masse ?
- Termes différents d'un point de vue scientifique
 - La masse représente la quantité de matière
 - Le poids est la force d'attraction que la Terre exerce sur l'objet de masse m : $P = mg$ (P en Newton, m en kg).
- La quantité g est l'intensité de la pesanteur : elle varie avec le lieu (un peu plus importante au pôle qu'à l'Equateur). A Paris, elle vaut $9,81 \text{ N/kg}$.
- Ex : g sur la Terre est ≈ 6 fois plus grand que g sur la Lune



Masse - poids

- Que mesure-t-on avec une balance ? Un poids ? Une masse ?
- Avec les balances où la comparaison est faite entre l'objet à peser et un objet de référence, on mesure la masse de l'objet.
- Avec un peson à ressort, c'est le poids.
- Dans le langage courant, masse = poids :
- « Je pèse 60 kg » = « Ma masse est de 60 kg »
= « Mon poids est de 600 N »
- Cette distinction n'a pas lieu d'être à la maternelle puisque nous comparons des objets et non une mesure de leur poids.

Situation déclenchante

- L'objet en lui-même !
- Cacher une balance sous une couverture
- Coin marchande : plusieurs balances
- Maryline Coquidé : Expérimentation
- Viviane Bouysse : Expérience en classe



Questionnement et hypothèses

- Usage des adverbes interrogatifs : quand, comment, pourquoi
- Questionnement indirect : je me demande si...
- Emission d'hypothèses : peut-être que..., si ça se trouve..., je pense que...

Trame d'une séquence

- **S1 : Entrée dans le projet**

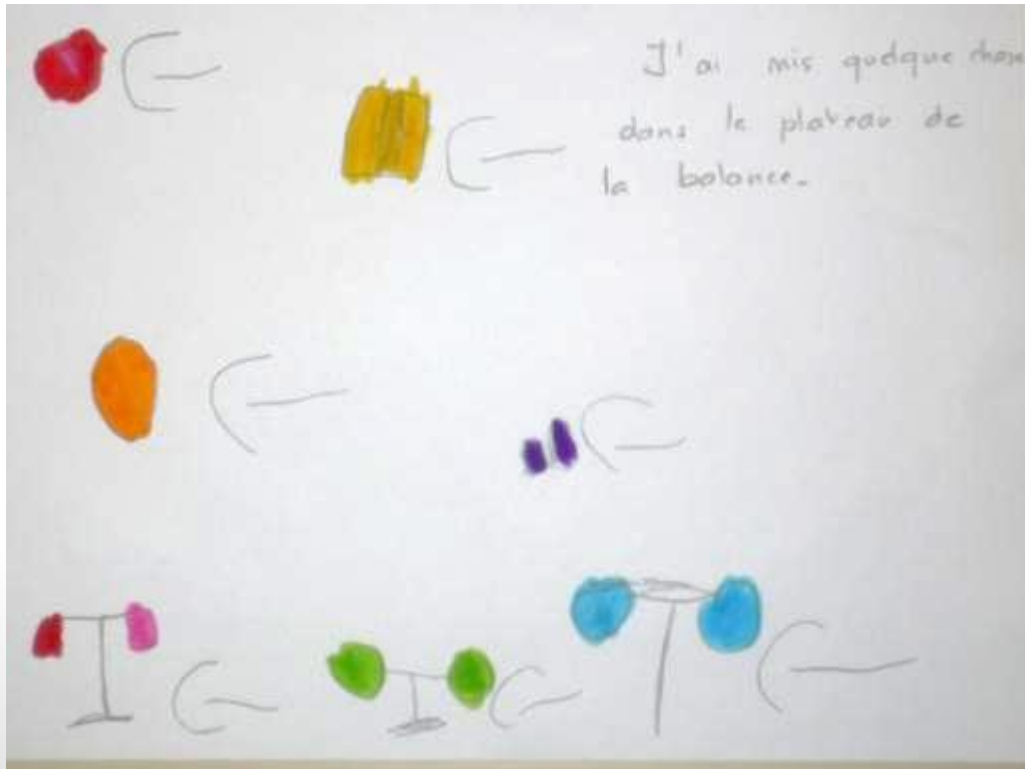
- Objectif : Manipuler une balance
- Question : A quoi sert cet objet ?
- Manipuler librement avec une caisse remplie de différents objets
- Trace écrite personnelle : Dessiner la balance observée (pour voir ce que les élèves perçoivent de cet objet technique)



Trame d'une séquence

- **S1 : Entrée dans le projet**

- Trace écrite personnelle : Dessiner la balance observée (pour voir ce que les élèves perçoivent de cet objet technique)



« J'ai mis quelque chose dans un plateau de la balance. »

Trame d'une séquence

- **S1 : Entrée dans le projet**

- Trace écrite personnelle : Dessiner la balance observée (pour voir ce que les élèves perçoivent de cet objet technique)



« Le rond et plus lourd
que le carré. »

Trame d'une séquence

- **S1 : Entrée dans le projet**

- Trace écrite personnelle : Dessiner la balance observée (pour voir ce que les élèves perçoivent de cet objet technique)



« La balance, il y a un côté qui est plus lourd, l'autre qui est moins lourd. On était 3 dans le groupe. »

Trame d'une séquence

- **S1 : Entrée dans le projet**

- Trace écrite personnelle : Dessiner la balance observée (pour voir ce que les élèves perçoivent de cet objet technique)

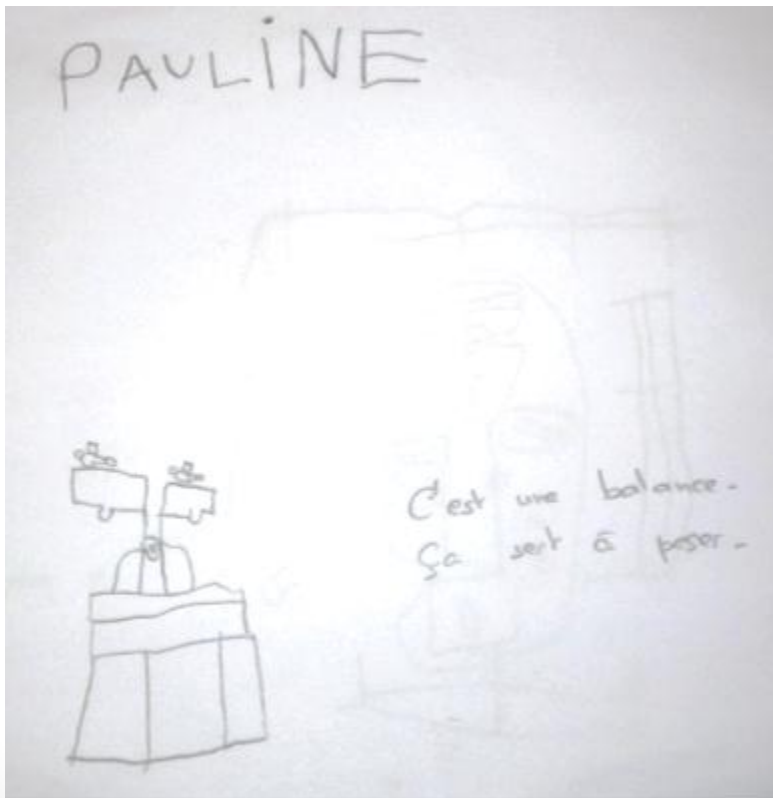


1. « Le rectangle est plus lourd que le rond. »
2. « 5 ronds sont plus lourds qu'un rond. »

Trame d'une séquence

- **S1 : Entrée dans le projet**

- Trace écrite personnelle : Dessiner la balance observée (pour voir ce que les élèves perçoivent de cet objet technique)



« C'est une balance. Ça sert à peser. »

Cas du dessin

- Quelles conséquences sur la production d'un dessin une consigne engendre-t-elle ?
- Consigne 1 : « Dessine ce que nous avons fait »
- Consigne 2 : « Dessine ce que nous avons appris »
- Exemple 1 : « J'ai mis des objets sur les plateaux ».
- Exemple 2 : « Une balance sert à peser ».

Cas de la photographie

- Quelles conséquences sur la production d'une légende, le plan d'une photographie engendre-t-il ?



Vers un langage scientifique

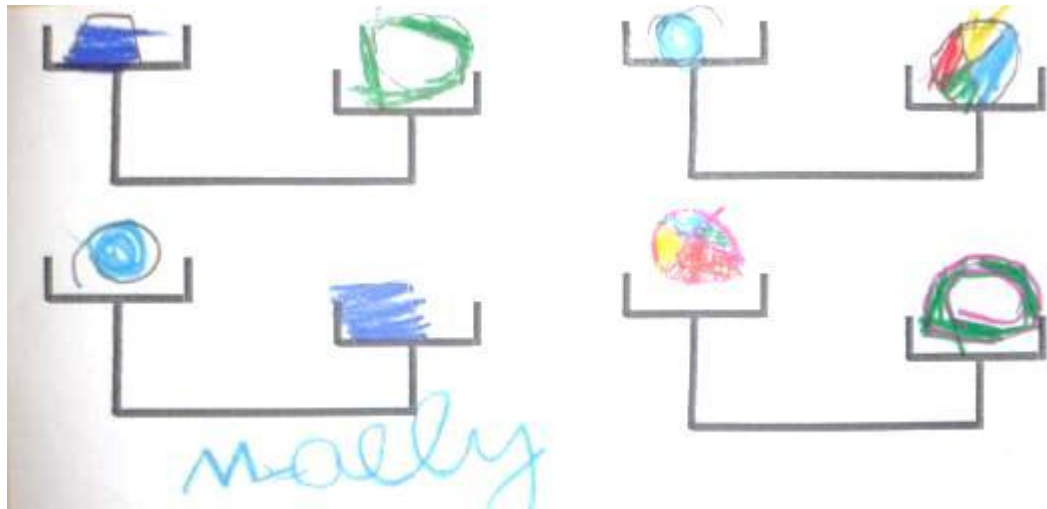
Tendances spontanées	Évolutions souhaitées
Langage « événementiel » - Pas de connecteurs logiques ou inappropriés (et, pour que) ; - description des circonstances (ce matin, dans la cour) ; - verbes souvent au passé (j'ai glissé) - utilisation fréquente de la 1ère personne : le sujet de la phrase est l'enfant (je peux attirer le trombone).	Langage scientifique - présence de connecteurs logiques (parce que...) ; - marques de la généralité (toujours, chaque fois que), de la condition (si) ; - verbes au présent (la glace est glissante) ; - utilisation de la 3ème personne ; le sujet de la phrase est l'objet d'étude (l'aimant attire le trombone).

Trame d'une séquence

- **S2 : Comparaison d'objets avec différentes balances**
 - Objectif : Manipuler différentes balances, constater la régularité des comparaisons de masses
 - Question : Le résultat dépend-il de la balance ?
 - Comparer la masse de 2 objets très différents et dessiner les 2 objets sur un schéma de balance
 - Trace écrite collective : schéma de plusieurs balances avec texte
- + Lier le schéma à la balance (PS-MS)

Trame d'une séquence

- **S2 : Comparaison d'objets avec différentes balances**
 - Trace écrite collective : schéma de plusieurs balances avec texte



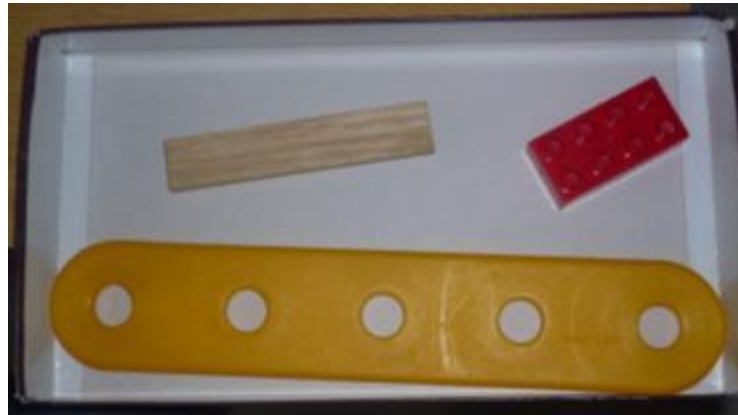
Trame d'une séquence

- **S3 : Evaluation formative**

- Objectif : Maîtriser plus lourd, plus léger et interpréter le schéma d'une pesée ;
- Sur fiche, entourer le plus lourd à partir du schéma d'une pesée

- **S4 : Chercher l'objet le plus/moins lourd parmi n objets**

- Objectif : Réinvestir les premiers apprentissages
- Consigne : Quel est le moins lourd ? Quel est le plus lourd ? parmi 3 objets.



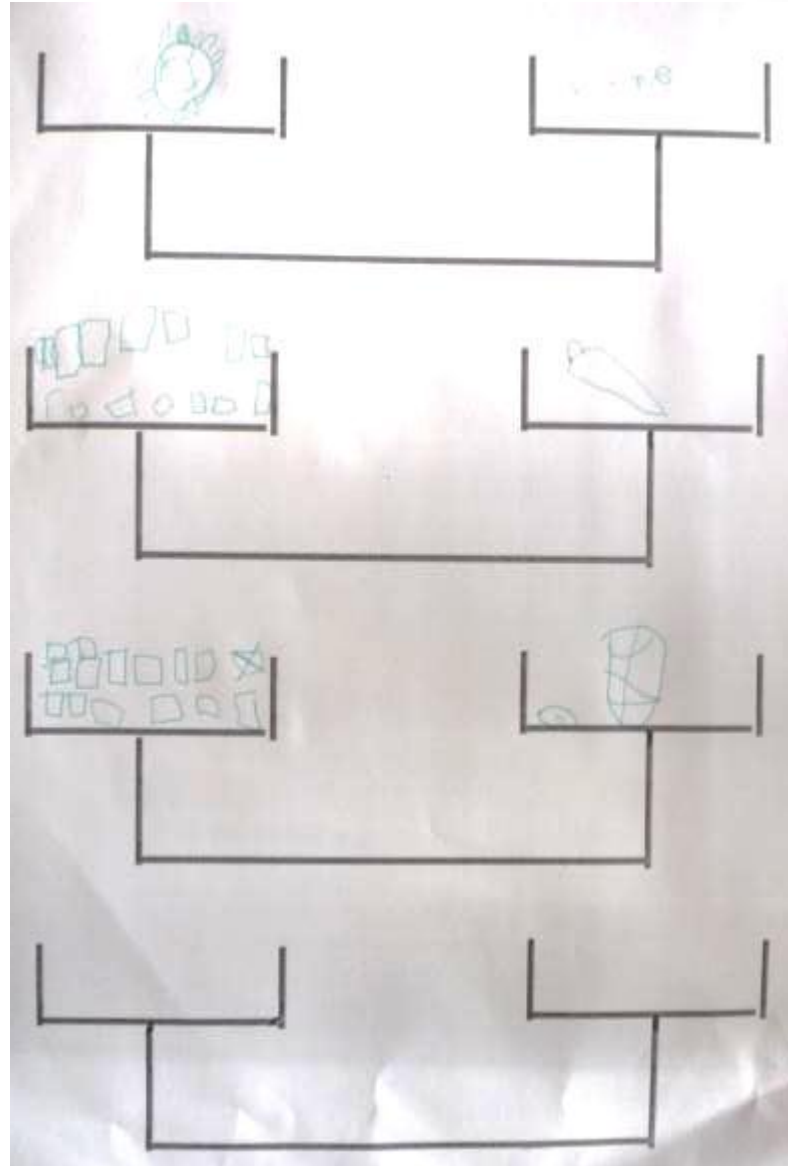
Trame d'une séquence

- **S5 : Trouver l'équilibre :**
 - Objectif : Réinvestir les premiers apprentissages
 - Question: Combien faut-il de cubes (plastiques ou bois) pour équilibrer la balance ?



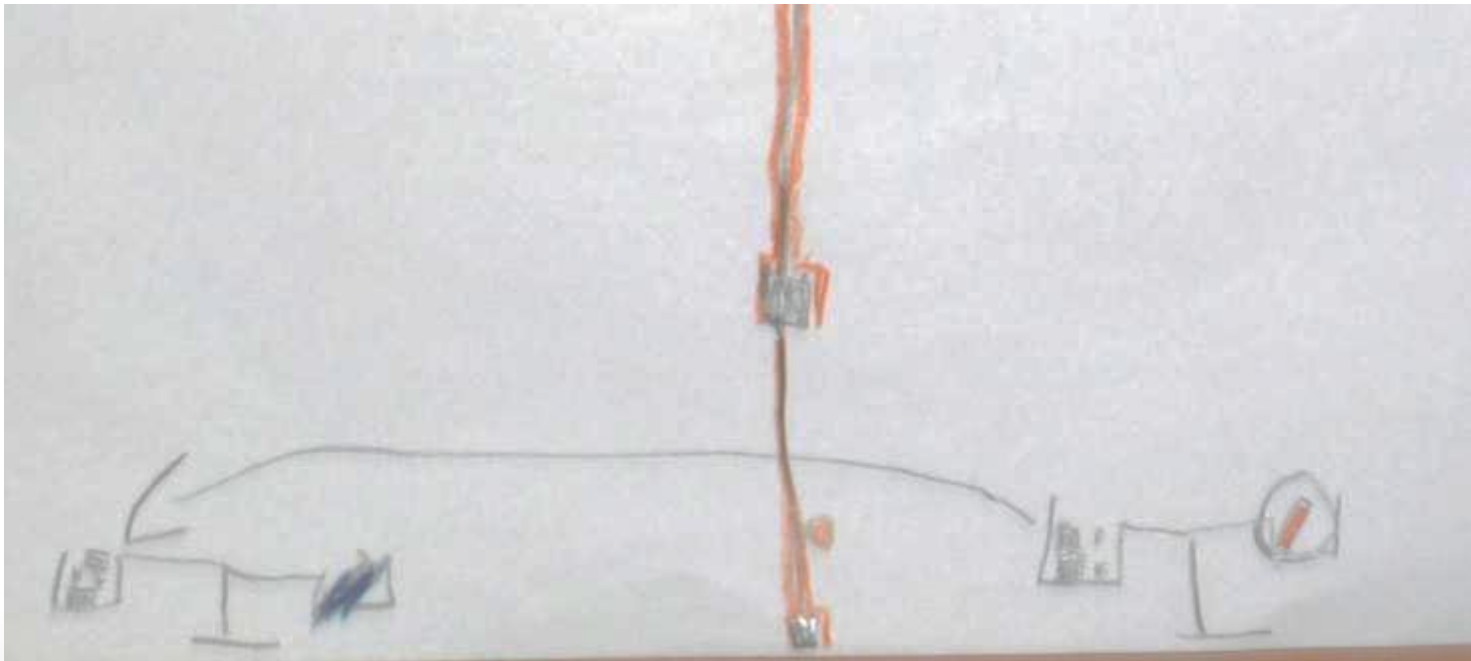
Trame d'une séquence

- **S5 : Trouver l'équilibre**
 - Trace écrite : schéma de balance



Trame d'une séquence

- **S6 : Comparer 2 objets éloignés (CP)**
 - Objectif : Réinvestir les premiers apprentissages
 - Question : quel objet est le plus lourd ? Objets très proches : 2 types de feutres ardoise
 - Trace : schéma de l'expérience



Trame d'une séquence

- **S6 : Comparer 2 objets éloignés (CP)**
 - Trace : schéma de l'expérience



Trame d'une séquence

- **S6 : Comparer 2 objets éloignés (CP)**
 - Stratégies
 - Synthèse



Vers un langage scientifique

Tendances spontanées

Représentations « événementielles »

- Représentation des personnages, des décors, des détails, des couleurs... pas de sélection entre ce qui est significatif et ce qui ne l'est pas ;
- un seul dessin pour représenter l'événement.

Évolutions souhaitées

Représentations scientifiques

- Représentation épurée ; seul l'objet d'étude est représenté ; sélection des aspects à représenter, abstraction des détails inutiles... ;
- le nombre des dessins dépend de ce qui est scientifiquement significatif.

« Passer des événements aux faits scientifiques » pour apprendre à se décentrer.

Structuration des nouvelles connaissances

- Entretien scientifique : coin, séance en autonomie, séance en présence d'un adulte
- Entretien lexical (préparation lexicale)
 - vocabulaire scientifique/vocabulaire courant,
 - polysémie des mots selon le contexte,
 - tri, catégorisation, définition,
 - nominalisation moins concret que le verbe (germiner et germination)

Défi adulte

- Nous disposons de 9 billes et d'une balance. Toutes ont la même masse sauf 1 qui pèse moins lourd. Comment la retrouver parmi les 9 en faisant 2 pesées seulement ?
- Réponse : Il faut faire 3 paquets de 3 billes. On prend 2 paquets que l'on pose sur les 2 plateaux d'une balance. 2 possibilités :
 - ils sont la même masse : la bille moins lourde est dans le 3ème paquet. On prend alors 2 billes de ce dernier paquet et l'on en pose une sur chaque plateau. Soit on trouve directement la plus légère soit elles ont la même masse, c'est alors la 3ème la moins lourde.
 - il y a un paquet plus léger : la bille plus légère est donc dans ce paquet. On procède alors comme précédemment.



Programmes

- Percevoir, sentir, imaginer, créer > Le dessin et les compositions plastiques (fabrication d'objets) : [Ils] sont les moyens d'expression privilégiés. Les enfants expérimentent les divers instruments, supports et procédés du dessin. Ils découvrent, utilisent et réalisent des images et des objets de natures variées. Ils construisent des objets en utilisant peinture, papiers collés, collage en relief, assemblage, modelage...
- À la fin de l'école maternelle l'enfant est capable de : réaliser une composition en plan ou en volume selon un désir exprimé.

Mobiles

- Fabrication matérielle : quels matériaux utiliser ?
 - Branche ou tige
 - Laine ou ficelle
- C'est en forgeant que l'on devient forgeron !

Trame d'une séquence

- **S7 : Construire des mobiles 1**
 - Objectif : équilibrer un mobile
 - Défi 1 : équilibrer le mobile (axe mobile et objets fixes)
- **S8 : Construire des mobiles 2**
 - Objectif : équilibrer un mobile
 - Défi 2 : équilibrer le mobile (axe fixe et objets mobiles)
 - Présentation des mobiles de Calder
- **S9 : Construire des mobiles 3**
 - Objectif : réinvestir les premiers apprentissages
 - Fabrication
- Véritable travail d'équipe nécessaire

Trame d'une séquence

- **S7 : Construire des mobiles 1**



Trame d'une séquence

- **S7 : Construire des mobiles 1**



Trame d'une séquence

- **S7 : Construire des mobiles 1**



Trame d'une séquence

- **S7 : Construire des mobiles 1**



Trame d'une séquence

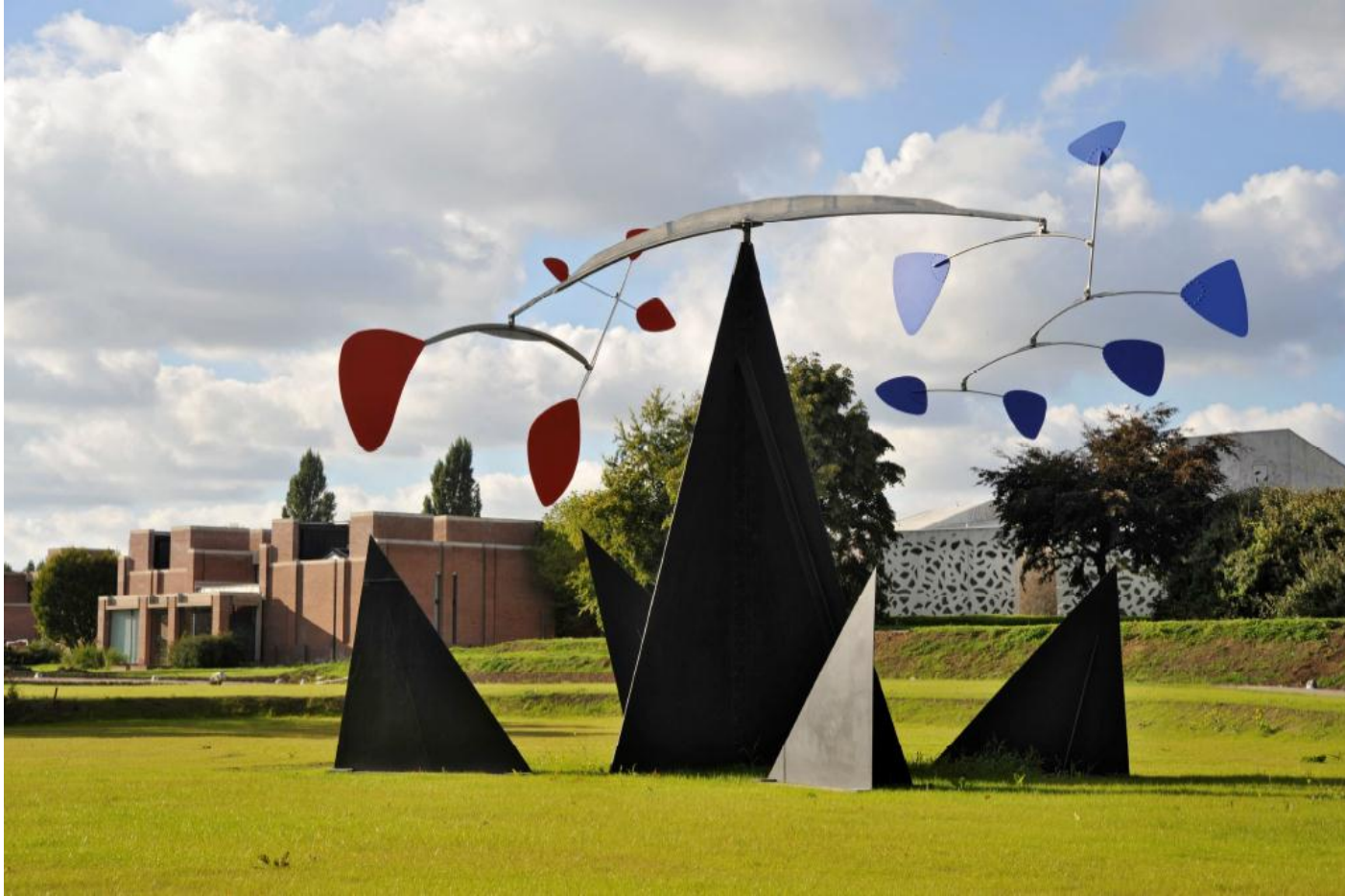
- **S7 : Construire des mobiles 1**



Mobiles de Calder

- Mobile : Sculpture dont les éléments suspendus et en équilibre entrent en mouvement sous l'action de l'air et la circulation du vent.
- Stable : En opposition à mobile, sert à désigner une sculpture inanimée, principalement dans l'œuvre de Calder.

Mobiles de Calder



Alexander Calder, Reims, Croix du Sud

Acier peint, 7,30 m (hauteur) x 4 m (largeur) x 4 m (profondeur), 1969,
LaM - Lille Métropole Musée d'art moderne, d'art contemporain et d'art brut.

Mobiles de Calder



Alexander Calder, Mobile sur deux plans

Acier, aluminium, tôle, 2 m (hauteur) x 1,2 m (largeur) x 1,1 m (profondeur), 1962,
Paris, musée national d'Art moderne - Centre Georges Pompidou

Mobiles de Calder

- « Pourquoi l'art devrait-il être statique ? En regardant une œuvre abstraite, qu'il s'agisse d'une sculpture ou d'une peinture, nous voyons un ensemble excitant de plans, de sphères, de noyaux sans aucune signification. Il est peut-être parfait mais il est toujours immobile. L'étape suivante en sculpture est le mouvement. »

Alexander Calder (1932)

- Si, si ça bouge ! : vidéo explicative

<http://www.youtube.com/watch?v=hlsfBqH7KG8>

- « Faire des Mondrian qui bougent » : vidéo explicative

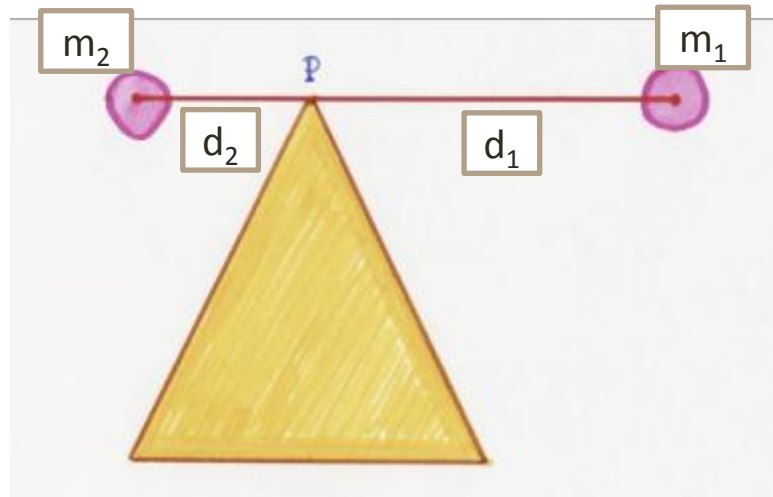
http://www.dailymotion.com/video/xjmlf1_collections-modernes-alexander-calder-mobile-sur-deux-plans_creation

Œuvre d'art

- **S8 : Construire des mobiles 2**
 - Présentation des mobiles de Calder
 - Utilisation d'Activ'Inspire : [encre magique](#), [spot](#), [explications](#)
- Analyse
 - Contemplation
 - Certitudes
 - Interprétation
- Place de l'œuvre dans la démarche : suivant le moment auquel une œuvre est présentée, elle a un rôle différent :
 - Incitation à l'action (début de séquence)
 - Point de comparaison (milieu de séquence)
 - Élément de confrontation (fin de séquence)

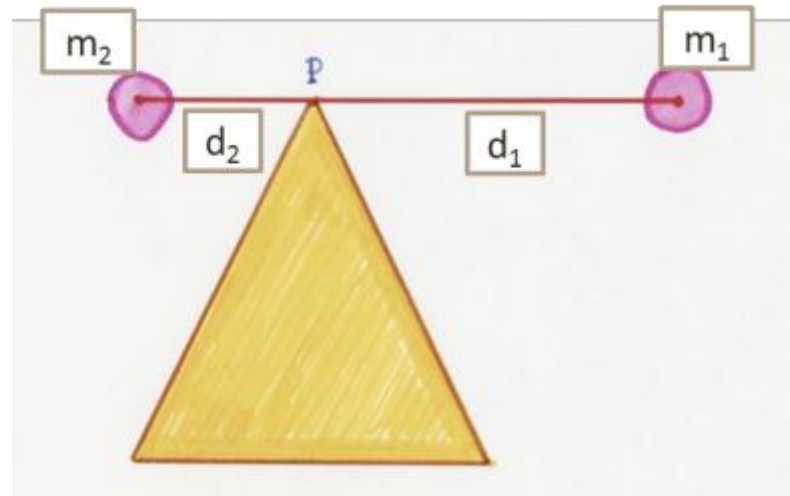
Mobile à 2 masses

- La masse m_1 (le poids P_1) fait tourner le mobile dans le sens des aiguilles d'une montre.
- La masse m_2 (le poids P_2) fait tourner le mobile dans le sens contraire des aiguilles d'une montre.
- Equilibre du mobile = équilibre des forces



Moment d'une force

- Rotation de la tige d'un mobile (comme le fléau d'une balance) car :
 - 2 objets de masse m_1 et m_2 (donc 2 poids P_1 et P_2)
 - à des distances d_1 et d_2 de l'axe (appelées « bras de levier »).
- Grandeur nommée « le moment de la force » :
 - $M(P) = d \cdot P$
 - en Nm : Newton-mètre
- Equilibre horizontal si :
 - $M(P_1) = d_1 \cdot P_1 = d_2 \cdot P_2 = M(P_2)$
 - $m_1 \times d_1 = m_2 \times d_2$
 - $\frac{m_1}{m_2} = \frac{d_2}{d_1}$

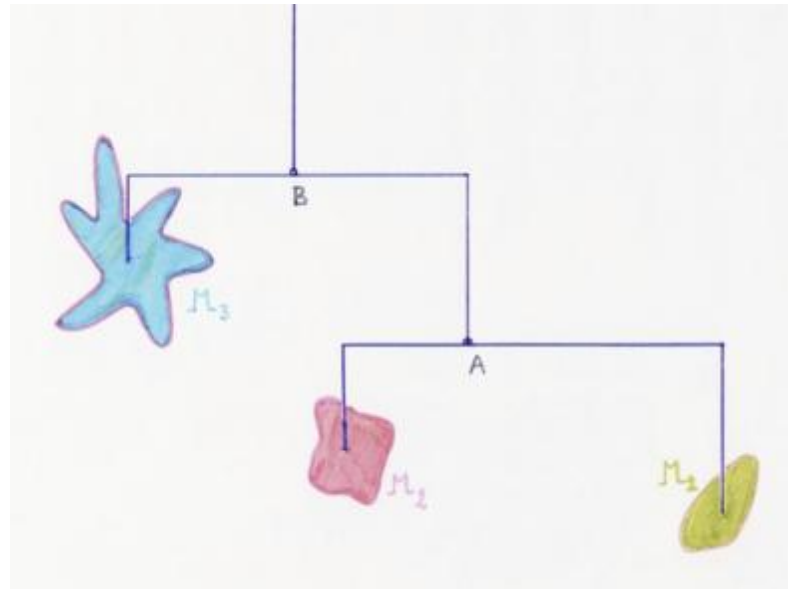


Moment d'une force

- Cas de la balance Roberval : $d_1 = d_2$ donc $P_1 = P_2$ donc $m_1 = m_2$
- Si d_1 est double de d_2 , alors m_2 doit être double de m_1 .
- Si m_2 est plus grande que m_1 , alors m_2 doit être plus proche l'axe.
- Principe du levier : Archimède :
 - « Πα βω και χαριστιωνι ταν γαν κινησω πασαν »
 - « Donnez-moi un point d'appui, et je soulèverai le monde. »

Mobile à 3 masses

- Même réflexion par étapes
 - Equilibrer le mobile à 2 masses m_1 et m_2
 - Equilibrer le mobile à 2 masses (m_1+m_2) et m_3



Notion d'équilibre : paroles d'enfants

- **« Quand c'est en équilibre, ça ne bouge plus. »**
 - Même si le mobile est de travers, ou s'il s'est emmêlé... En toute rigueur, on peut utiliser le mot équilibre lorsque le fléau est stabilisé, même s'il n'est pas forcément à l'horizontale.
- **« En équilibre, ça doit tourner. »**
 - Sous entendu, rotation autour du fil de suspension, mais alors, ça bouge...
- **« Pour que ce soit en équilibre, il faut le même poids de chaque côté. »**
 - Il s'agit d'une tentative d'explication d'un équilibre horizontal.

Notion d'équilibre : paroles d'enfants

- **Autres usages du mot équilibre**

- « C'est quand on ne tombe pas : garder l'équilibre sur un vélo, une planche à roulettes... On se met en équilibre sur un pied, ou sur un fil, ou sur une poutre, ou sur les mains... »
- Dans le langage courant, être en équilibre sous-entend une position fragile, à la limite de l'instabilité.

- **Raccourci dangereux !**

- « Ce mobile est en équilibre ; le mobile est horizontal... »
- Le mot « équilibre » risque de devenir synonyme d'horizontal... Ce n'est pas le mobile, mais les fléaux qui sont horizontaux.

Prolongements : C2 et C3

- Un argument supplémentaire :
 - Mathématiques > Grandeurs et mesures
 - Balances : pour comparer, pour mesurer
 - Tableau des compétences en lien avec la masse

Compétence	CP	CE1	CE2	CM1	CM2
Comparer et classer des objets selon leur longueur et leur masse.	x				
Résoudre des problèmes de vie courante.	x				
Connaître la relation entre kilogramme et gramme.		x			
Résoudre des problèmes de longueur et de masse.		x			
Connaître les unités de mesure suivantes et les relations qui les lient : Masse : le kilogramme, le gramme ;			x		
Utiliser des instruments pour mesurer des longueurs, des masses, des capacités, puis exprimer cette mesure par un nombre entier ou un encadrement par deux nombres entiers.			x		
Résoudre des problèmes dont la résolution implique les grandeurs ci-dessus.			x		
Connaître et utiliser les unités usuelles de mesure des durées, ainsi que les unités du système métrique pour les longueurs, les masses et les contenances, et leurs relations.				x	
Résoudre des problèmes dont la résolution implique éventuellement des conversions.				x	
Résoudre des problèmes dont la résolution implique des conversions.					x
Résoudre des problèmes dont la résolution implique simultanément des unités différentes de mesure.					x

Prolongements

- Voulez-vous gagner 7 625 400 JPY ($\approx$ 54 600 EUR) comme Mädir Eugster ?
 - http://www.youtube.com/watch?v=i_X8ofNIVSs
 - <http://www.postmods.com/index.php?/motion/balance/>
- Ou faire Miyoko Shida ?
 - <http://www.youtube.com/watch?v=K6rX1AEi57c>

Ouverture

- Balance mathématique
- Littérature
 - Un petit coup de main de Ann Tompert
 - Bascule de Yuichi Kimura

