

PROTOCOLE D'ESSAI

Vérification des caractéristiques
mécaniques de l'exerciseur de la
marque QUADRATUS

&

Reproduction des déformations
obtenues expérimentalement

Laboratoire IADI – Inserm U1254

Anthony GAUTHIER

Élève de 5^{ème} année à POLYTECH NANCY

Tuteurs laboratoire : M. Pierre-André VUISSOZ et Pauline LEFEBVRE



Table des matières

I.	Introduction.....	3
II.	Principes	3
A.	Caractéristiques chimiques et géométriques.....	3
B.	Caractérisation de l'environnement extérieur	4
1.	Paramètres initiaux	4
2.	Paramètres semblables aux conditions du conduit buccal	4
III.	Mode opératoire	5
A.	Conditions d'acceptation de l'échantillon.....	5
B.	Mode opératoire	5
C.	Charge.....	5
D.	Paramétrage de la machine.....	5
IV.	Références.....	6

Table des équations

Équation 1: loi de Hooke	3
--------------------------------	---

Table des figures

Figure 1: essais de compression avec les paramètres de l'environnement extérieur	4
Figure 2: essais de compression avec des paramètres assimilables à l'environnement buccal	4

Table des tableaux

Tableau 1: caractéristiques des échantillons	4
Tableau 2: paramétrage de la machine d'essais universelle RP25ATF.....	5

Objectifs :

Le premier objectif est de vérifier les caractéristiques mécaniques de l'exerciseur pour valider une supposition émise dans le document s'intitulant « rapport sur les mesures de la force de mastication via un exerciseur ». Pour rappel, nous avons fait l'hypothèse que la valeur du module de Young de l'exerciseur était proche de celle du silicone de nuance 180, c'est-à-dire 5,3 MPa. Le second objectif est de déformer l'exerciseur de la même façon que les volontaires l'ont déformé pour obtenir les valeurs de la force de mastication par lecture du moniteur du banc de compression.

I. Introduction

Dans ce protocole, nous allons tenter d'obtenir les mêmes déformations que nous avons obtenues expérimentalement pour nous permettre d'obtenir directement les valeurs de la force de mastication par simple lecture. Pour ce faire, nous mesurerons la contraction de l'exerciseur à chaque instant de sa déformation jusqu'à obtenir les mêmes déformations. De plus, nous essayerons de vérifier les caractéristiques élastiques de l'exerciseur afin de valider la supposition relatée précédemment. Pour ce faire, nous réaliserons des essais de compression dans le but de connaître le module de Young. Avec ce dernier, nous pourrions vérifier les résultats obtenus en calculant la force de mastication via la loi de Hooke. En effet, nous connaissons la longueur initiale, la surface et les allongements puisqu'ils ont été mesurés grâce aux images IRM.

$$F = \frac{S \cdot E \cdot \Delta l}{L} = \frac{S \cdot E \cdot (l - L)}{L}$$

Équation 1: loi de Hooke

S : section droite de l'objet (en mm²)

l : longueur finale de l'objet (en mm)

L : longueur initiale de l'objet (en mm)

F : charge qui agit suivant l'axe (en N)

E : module d'élasticité du matériau (en MPa)

Pour pouvoir utiliser cette loi, les conditions de linéarité et d'élasticité doivent être respectées. La première implique que l'allongement est proportionnel à la force, alors que la seconde implique que l'effet est réversible et permet donc de revenir à l'état initial.

II. Principes

Étant contraint par le temps, je chercherai dans un premier temps à limiter le nombre de variables d'essais au strict nécessaire. Ainsi, je prendrai en compte une seule et unique variable d'essais lors des tests qui sera l'humidité de l'environnement buccal [1].

A. Caractéristiques chimiques et géométriques

Pour réaliser ces tests, nous avons choisi d'utiliser l'exerciseur de modèle JAWTRAINER® 2.0 et de marque QUADRATUS (Quadratus, Paris, France) [2]. Sur ce site, il est seulement précisé que l'exerciseur est réalisé en silicone alimentaire, aucune autre donnée sur la nuance de silicone utilisée ou sur ses propriétés mécaniques sont mentionnées.

Étant un objet fabriqué à grande échelle, nous pouvons supposer que tous les exerciseurs sont tous de même dimension à quelques dixièmes de millimètres près. Si nous laissons de côté la géométrie en nid d'abeille de ces derniers, nous pouvons les assimiler à des poutres due à leur géométrie en forme de parallélepède rectangle.

En résumé, voici les caractéristiques géométriques de l'exerciseur.

Forme de l'éprouvette	Poutre
Dimensions	Voir mise en plan

Tableau 1: caractéristiques des échantillons

B. Caractérisation de l'environnement extérieur

1. Paramètres initiaux

Dans un premier temps, nous allons tenter de déterminer les caractéristiques élastiques de l'exerciseur avec pour environnement extérieur la salle où se situe la presse de compression. Les variables à prendre en compte sont la température ambiante et l'humidité.

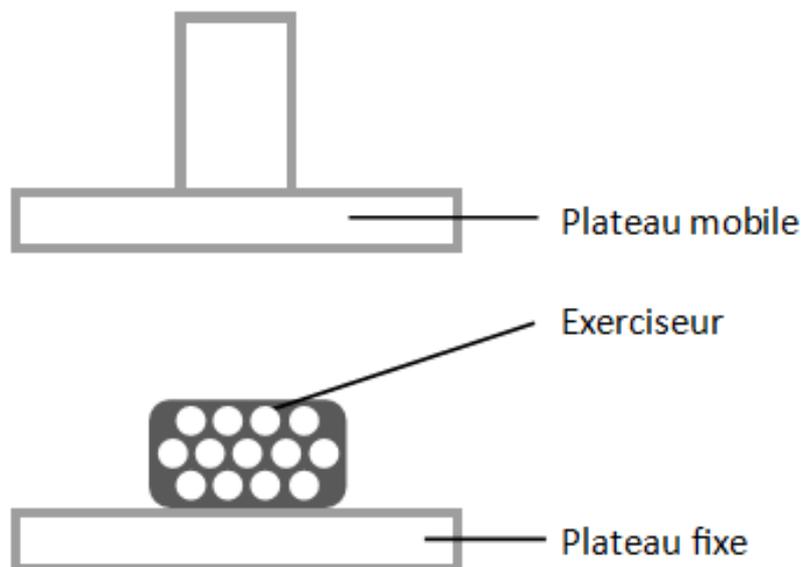


Figure 1: essais de compression avec les paramètres de l'environnement extérieur

2. Paramètres semblables aux conditions du conduit buccal

Souhaitant utiliser ces échantillons au sein du conduit buccal, il est nécessaire de simuler les conditions de ce milieu. Ainsi, nous allons ajouter un plateau à rebord contenant une fine pellicule d'eau au fond de ce dernier. L'objectif est donc d'obtenir un environnement à forte humidité [1].

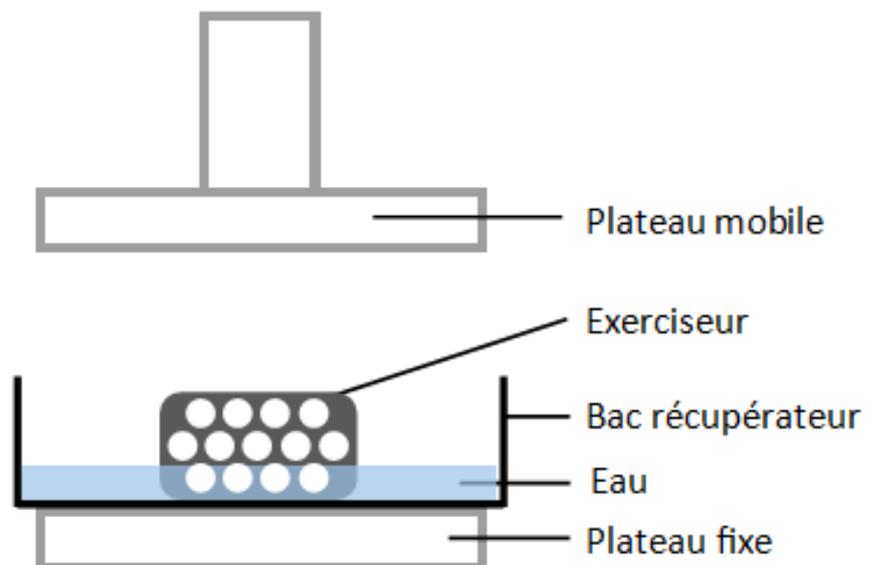


Figure 2: essais de compression avec des paramètres assimilables à l'environnement buccal

III. Mode opératoire

A. Conditions d'acceptation de l'échantillon

L'échantillon d'essai fera l'objet des mesures suivantes :

- Vérification des dimensions (longueur, largeur, hauteur).
- Vérification du parallélisme des faces antagonistes.

L'interprétation des résultats d'essais tiendra compte de l'écart entre ces mesures observées et les valeurs théoriques requises. L'essai est considéré comme acceptable si les mesures de l'exerciseur restent dans les tolérances générales ISO 2768-mk, fixées par la mise en plan de l'exerciseur. Ces tolérances générales ont été sélectionnée ici puisqu'elle correspond à la norme générale de tout produit ne nécessitant pas une précision particulière.

B. Mode opératoire

Pour les configurations montrées par les figures 1 et 2, les essais doivent être réalisés selon les modalités décrites ci-après :

- Pour chaque situation (environnement extérieur différent), l'échantillon sera testé 10 fois afin de s'assurer de la bonne répétabilité de la manipulation et afin de s'assurer de l'obtention de résultats cohérents.
- Les conditions d'essais doivent être les mêmes d'un échantillon à l'autre (même vitesse de déplacement, même positionnement, même type de régulation...). À propos du positionnement, l'exerciseur doit être placé de façon à ce que les faces ne comportant pas les orifices soient en contact direct avec les plateaux.
- Lors des essais, le déplacement relatif entre les deux plateaux (fixe et mobile) dans la direction de l'effort devra être mesuré. Cette mesure nous permettra d'obtenir la valeur de la force de mastication exercée par le volontaire.

C. Charge

Pour réaliser ces tests de compression non-destructifs, nous aurons besoin d'une gamme de force variante entre 0 et 600 Newtons. En effet, selon [5], [6], la force de mastication maximale d'un adulte en bonne santé avec des dents naturelles est comprise entre 300 et 600 Newtons.

D. Paramétrage de la machine

Ne connaissant pas les modèles de presse utilisés au sein de LEM3 (Laboratoire d'Étude des Microstructures et de Mécanique des Matériaux), j'ai défini les paramètres en me basant sur le paramétrage d'une presse que j'ai déjà eu l'opportunité d'utiliser. Cette dernière est la machine d'essai universelle et didactique de l'entreprise 3R modèle RP25 ATF (3R, Montauban, France) [7].

Opérateur	Anthony GAUTHIER
Référence	Projet Mecamax
Type d'essai :	Compression
Forme de l'éprouvette	Prisme
Longueur (mm)	31
Largeur (mm)	5
Type de régulation	Déplacement
Vitesse d'essai (mm/s ou kN/s)	0,1
Force limite d'essai (kN)	0,6
Déplacement limite d'essai (mm)	21

Tableau 2: paramétrage de la machine d'essais universelle RP25ATF

IV. Références

- [1] P. J. M. M. Plasmans, N. H. J. Creugers, R. J. Hermsen, et M. M. A. Vrijhoef, « Intraoral humidity during operative procedures », *Journal of Dentistry*, vol. 22, no 2, p. 89-91, avr. 1994, doi: 10.1016/0300-5712(94)90007-8.
- [2] « Site officiel Quadratus | JAWTRAINER® 2.0 », Quadratus. <https://quadratus-shop.fr/> (consulté le 17 août 2022).
- [3] M.-M. Y. Silicone, « MEREFSA - Meet Your Silicone | élastomère de silicone », MEREFSA - Meet Your Silicone. <https://www.merefsa.com> (consulté le 17 août 2022).
- [4] « Chapitre 10 : Amélioration du modèle poroélastique : affinement des paramètres rhéologiques | silicone ». Consulté le: 17 août 2022. [En ligne]. Disponible sur: http://membrestimc.imag.fr/Yohan.Payan/Vincent_Luboz/activites/these/13Chapitre10.pdf
- [5] M. Bakke, « Bite force and occlusion », *Seminars in Orthodontics*, vol. 12, no 2, p. 120-126, juin 2006, doi: 10.1053/j.sodo.2006.01.005.
- [6] M. Bakke, B. Holm, B. L. Jensen, L. Michler, et E. Möller, « Unilateral, isometric bite force in 8-68-year-old women and men related to occlusal factors », *European Journal of Oral Sciences*, vol. 98, no 2, p. 149-158, 1990, doi: 10.1111/j.1600-0722.1990.tb00954.x.
- [7] « Machine d'Essais Universelle RP 25 ATF », 3R - Recherches & Réalisations Rémy. <https://3r-labo.com/produit/rp-25-atf/> (consulté le 15 juin 2022).