

لقد رأيت الذراعين يصعدان و يهبطان

و مالذي كان يُجَرِّكُهما؟

حبال

عامل فوق الحجر يعمل على انزلاق  
العُقد الحاجزة في حبال السحب  
المتحركة حسب عمل ذراعي آلة  
السحب

ذراع الآلة

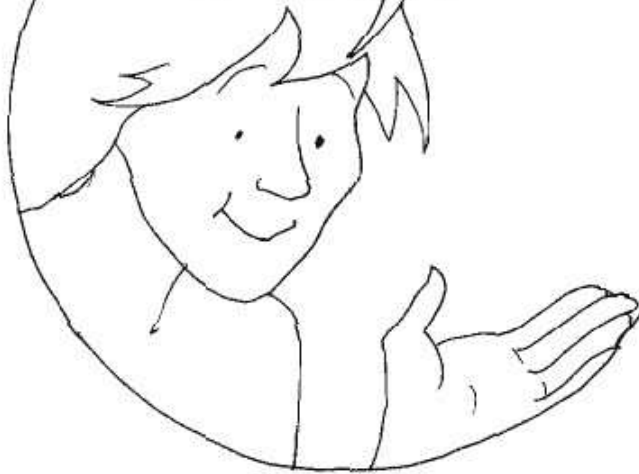
الوزن المعاكس للحبال

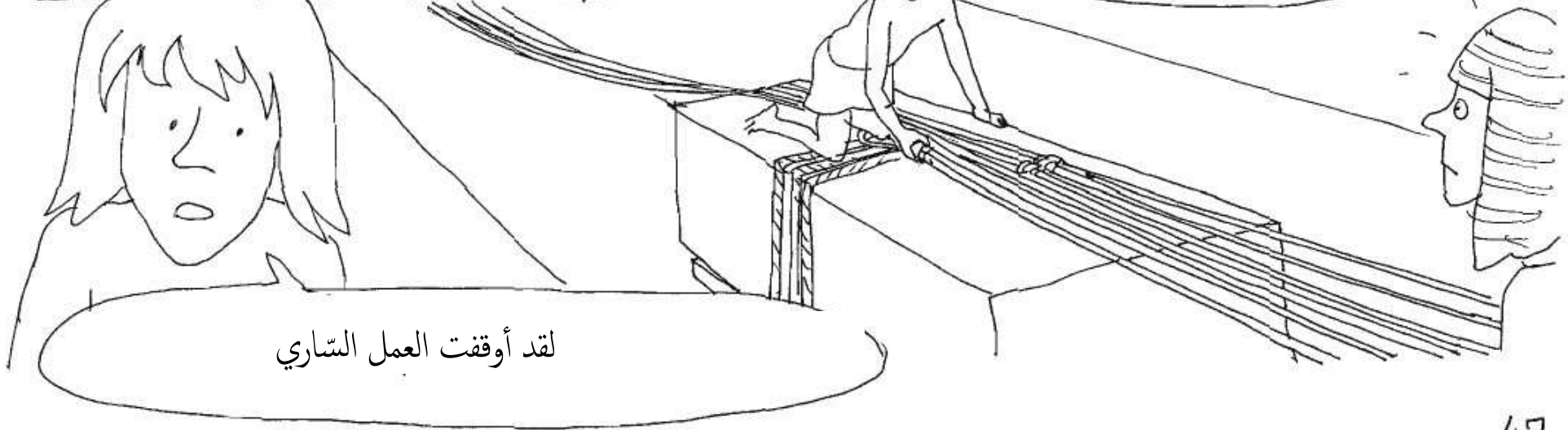
دسار

حجر تعتمد عليه الحبال

مجموعتين من ستة رجال

لقد صعدت على المنحدر لأرى و  
هناك بدأت مشاكلي مع الرّجل  
الأصلع الذي يلبس جلد فهد







أيمكنك وصف هاذة الآلة بالكامل؟

يمكنني حتى بناؤها

هذا ما قاموا به في قصر الاكتشافات  
بباريس على مستوى الربع و ذلك في  
سنة 2006, و بفضل ذلك استطاع  
أطفال ذوي عشرة سنوات سحب  
حجر يزن 500 كغ على سطح مائل

مثبتات حبال  
صخرية

في آلتك هاته يضحّم هذا التّركيب قوّة السّحب و كنتيجة لذلك عندما تنزل الأعمدة فإنّ حركة المحمّولة لا تتجاوز العشرين سنتمتر، يجب اعادة التّركيب في كلّ مرّة للاستفادة من سحب جديد، أليس كذلك؟

إنّها تطبيق حديث للمقبض

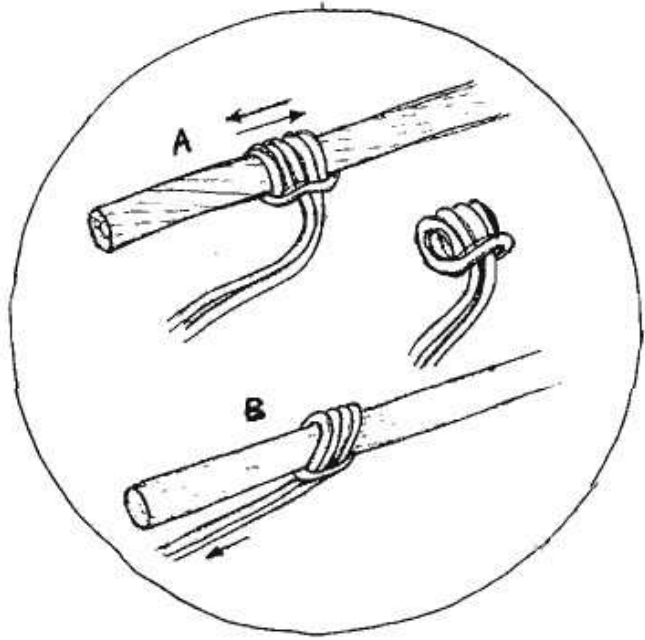
مثل كاسر الجوز

تنسين أنّهما آلتين تشتغلان بتناوب

فتي منتصب فوق الحجر يُحرّك عقداً حاجزة عن ارادة

تطبيق حديث للعقد

أنت مجدداً؟



يمكنكم المحاولة بخيط و مكنسة،  
التجربة ناجحة للغاية

كان الحجر يصعد بسرعة دون  
وقت للتوقف

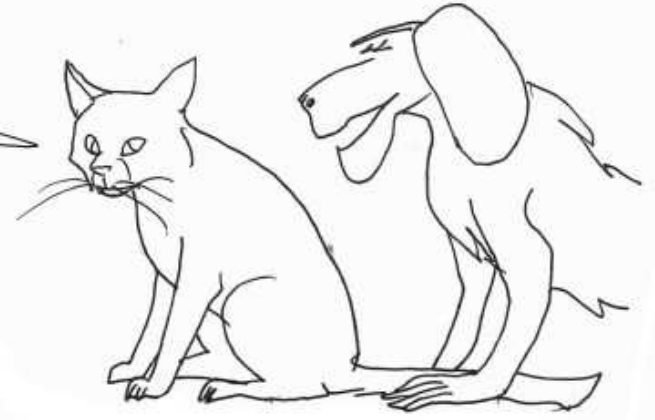
مؤكّد، و لكن ماذا يحدث عندما  
نصل الى الزاوية؟

لا مشكلة

منحدر غويون كان من الطّوب و منحدرنا هذا من  
الصّخر

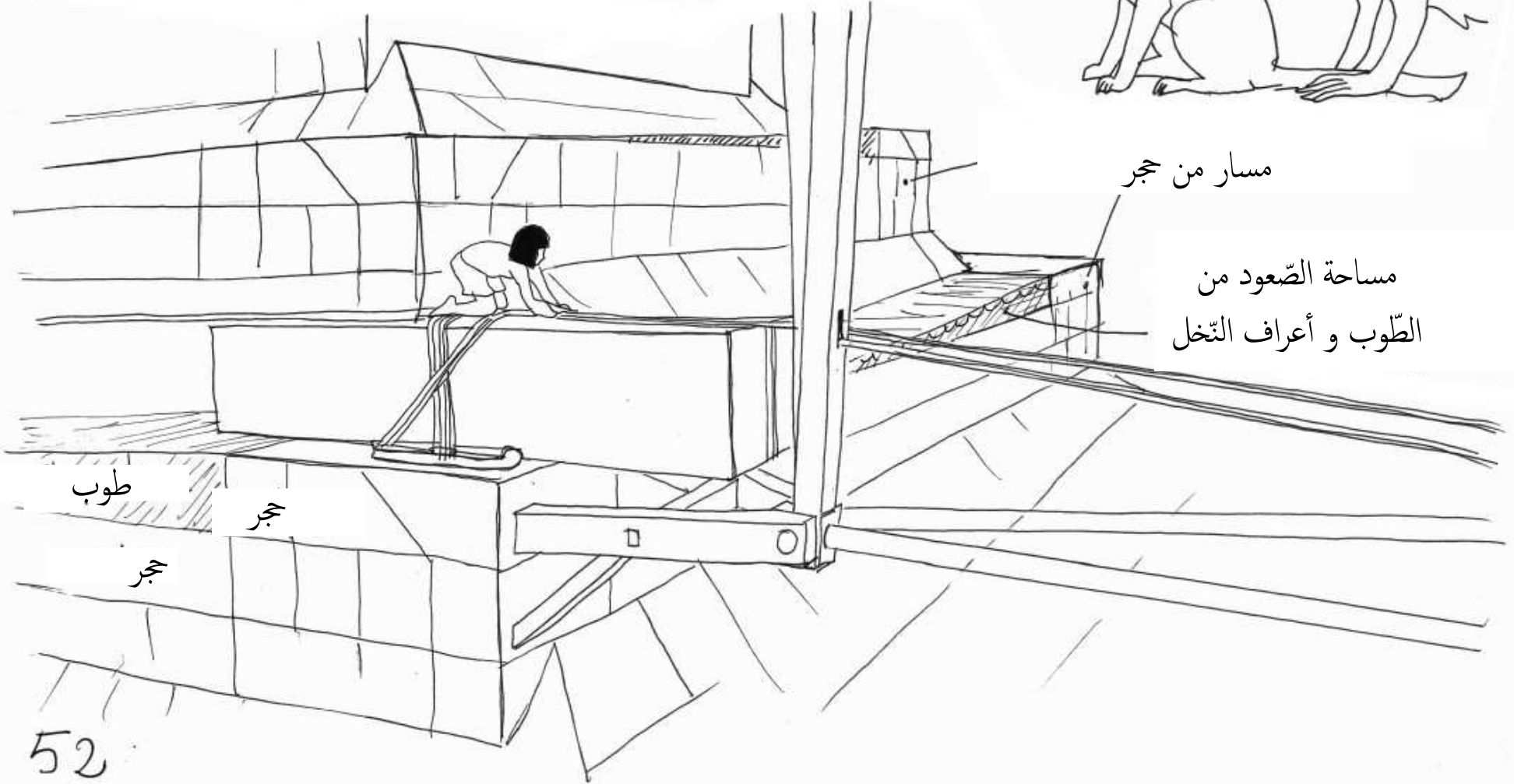


وصفعدما يصل الحجر للزاوية يتوضع على قاعدة أفقية من صخر ملساء  
بفضل الطمي الرطب فيمكننا اذن تركه على هذا الحامل



مسار من حجر

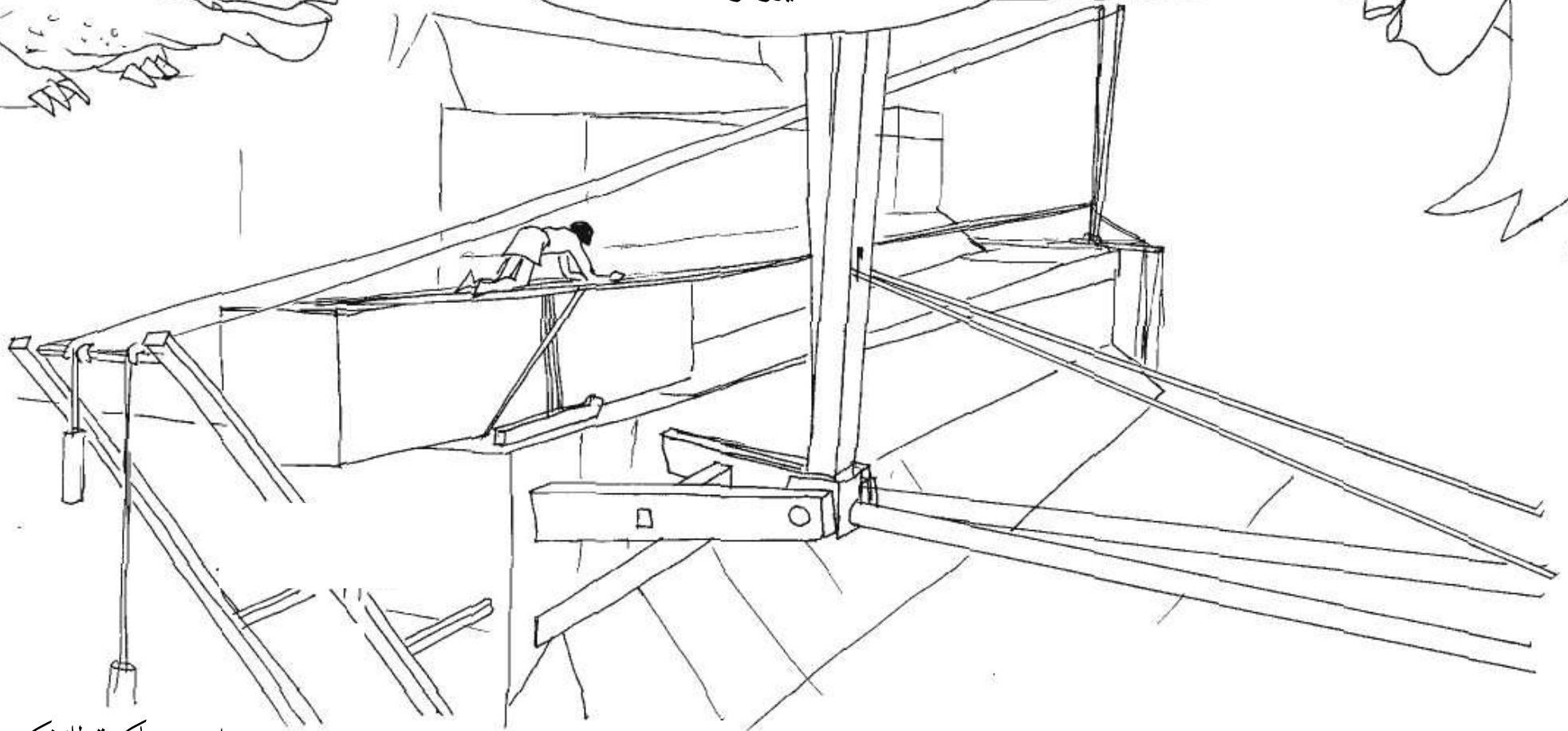
مساحة الصعود من  
الطوب و أعراف التخل





و بالتالي يمكن للحجر الأخذ في الصعود على قطعة المنحدر التالية

يظهر تشابه بين هذا و كتابات  
هيرودوث



موازن معاكسة للتذكير



هيرودوث مؤرذخ يوناني عاش في القرن الخامس قبل الميلاد, يأخذ المعلومات من كهنة المصريين و يكتب ما يلي

'Εποικήθη δὲ ὧδε αὐτῆ ἡ πυραμὶς ἀναβαθμῶν τρόπον, τὰς μετεξέτεροι κρόσσας, οἱ δὲ βωμίδας ὀνομάζουσι· τοιαύτην τὸ πρῶτον ἐπέιπε ἐποίησαν αὐτήν, ἤειρον τοὺς ἐπιλοίπους λίθους μηχανῆσι ξύλων βραχέων πεποιημένῃσι, χαμάθεν μὲν ἐπὶ τὸν πρῶτον στοῖχον τῶν ἀναβαθμῶν ἀείροντες· ὅκως δὲ ἀνίοι ὁ λίθος ἐπ' αὐτόν, ἐς ἐτέρην μηχανὴν ἐτίθετο ἐστεῶσαν ἐπὶ τοῦ πρῶτου στοῖχου, ἀπὸ τούτου δὲ ἐπὶ τὸν δεῦτερον εἴλκετο στοῖχον ἐπὶ ἄλλῃ μηχανῆς. Ὅσοι γὰρ δὴ στοῖχοι ἦσαν τῶν ἀναβαθμῶν, τοσαῦται καὶ μηχαναὶ ἦσαν, εἶπε καὶ τὴν αὐτὴν μηχανὴν εὐοῦσαν μίαν τε καὶ εὐβάστακτον μετεφόρεον ἐπὶ στοῖχον ἕκαστον, ὅκως τὸν λίθον ἐξέλοιεν· λελέχθω γὰρ ἡμῖν ἐπὶ ἀμφοτέρα, κατὰ περ λέγεται.' Εξεποικήθη δ' ὧν τὰ ἀνώτατα αὐτῆς πρῶτα, μετὰ δὲ τὰ ἐχόμενα τούτων ἐξεποίειεν, τελευταία δὲ αὐτῆς τὰ ἐπίγαια καὶ τὰ κατωτάτω ἐξεποίησαν.

بنيت هذه الأهرام بمساعدة الدرجات الذي بعضها غربان و البعض الآخر قواعد, عندما بدأ البناء بهذه الطريقة كنا نرفع الحجارة من الأرض بمساعدة آلات مصنوعة من خشب و نضعها على الصّفّ الأوّل من المسارات ثمّ نضعها على آلة أخرى متواجدة بدورها على المسار و من هناك نقلها بالآلة أخرى لأنّ عدد المسارات كان بعدد الآلات- لربّما كانت هناك آلة سهلة التّقل بين المسارات

يربط نظام أنسالم الآلة بالمنحدر و الفرق أنّ هذا الأخير من حجر. الحجارة ذات التتوءات هي حجارة تخرج عن سطح الهرم و هي ما يسمّيه المهندسون بالغبان و بالتالي فكلّ ثقل المنحدر يسقط على هذه الأجزاء الأفقيّة



البوميدات هي قواعد الزوايا التي تسمح بتدبير أكبر الأثقال مثلما يروي هيروودوث حينما يقول أنّ الحجارة تُنقل بعدها بواسطة آلات أخرى. لقد عمل أنسالم و صوفي كثيراً باستعمال الورق و الغراء لتحقيق الانسجام لما رآه أنسالم في حلمه, ستجدون كلّ هذا في الملحق أ، و ان أرتم فيمكنكم صنع النموذج بانفسكم باستعمال الورق أو الخشب. كون المنحدر (الضيق) من الحجر يجعله يتحمّل أثقالاً من عشرات الأطنان

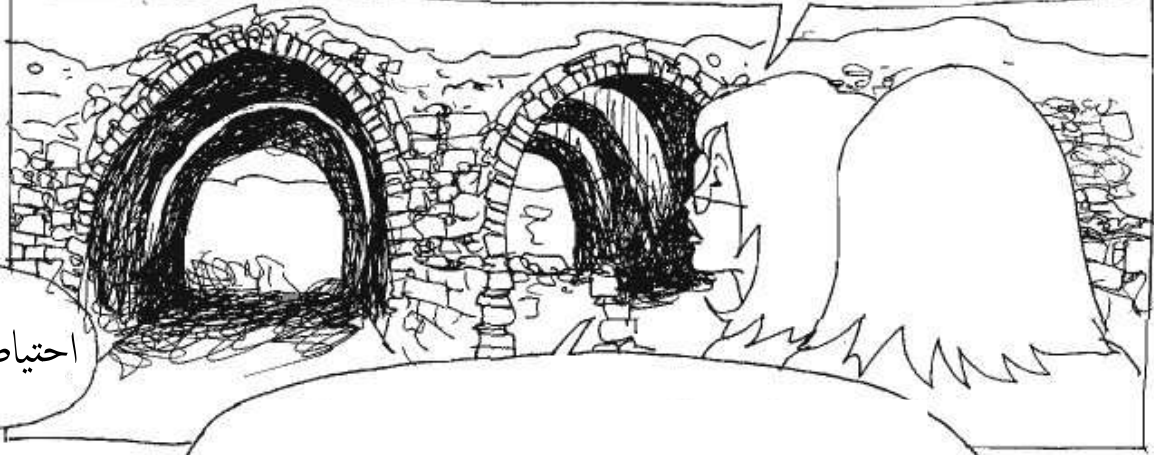
هذا المنحدر به من العرض ما يكفي للسّماح بمجموعات التّازلة و الصّاعدة بالتقاطع أمّا أشغال انهاء الأهرام فتترك القلّة القليلة من البقايا الغير مستعملة ( الحجارة المثلثة) أمّا غير ذلك فيستعمل لبناء أهرامات أخرى في شكل منحدرات خارجيّة ولقد بنى سنفرو والد خوفو و بعده ابنه خوفو و حفيده خفره ثمّ ابن حفيده منقرع بهذه الطّريقة أهرامهم في موقع داشور

هذا الرّواق رائع, رأيت كلّ تلك التّجويّفات؟



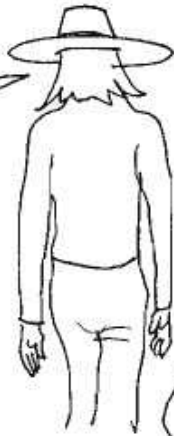
احتياط آخر ضدّ الزّلازل

كان قدماء المصريين متمكّنين جدّاً في ميدان بناء الأقبية و قد بنوا الكثير منها و لكن في بنايات أخرى لم تدم طويلاً مثل المخازن كذلك الخاص بالرامسيوم في طيبة



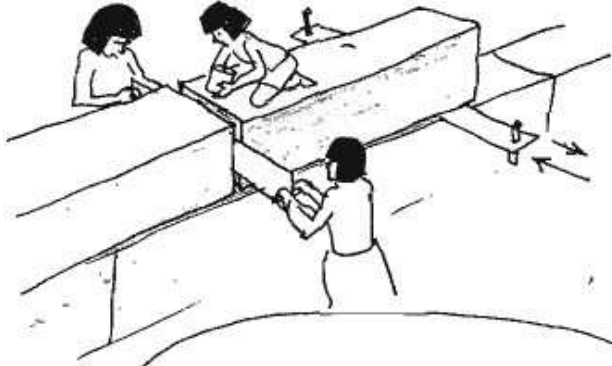
أظنّه سالم من الزّلازل و الآ لكان انهار منذ مدّة

أعيد التّفكير في حجارة الرّواق الكبير, لا يمكن حتّى تمرير شفرة حلاقة بينها



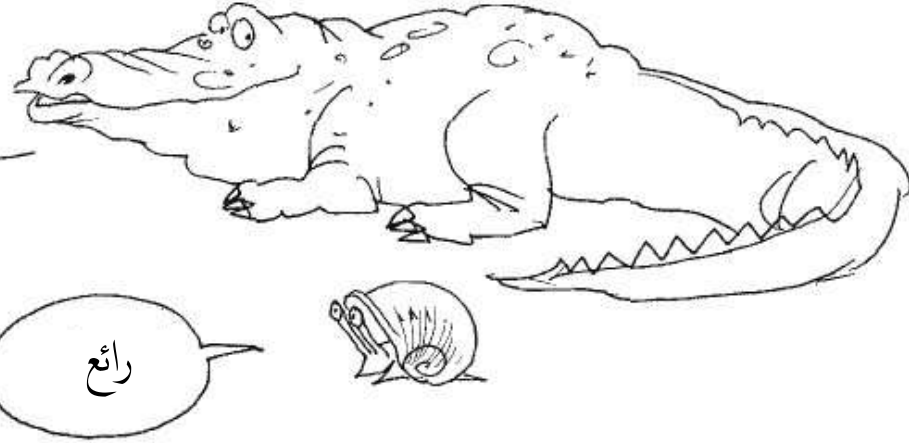
هناك طريقة أوّليّة لتفسير ذلك (\*)





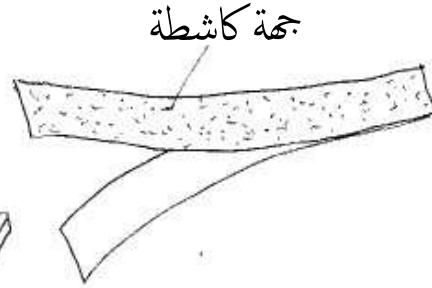
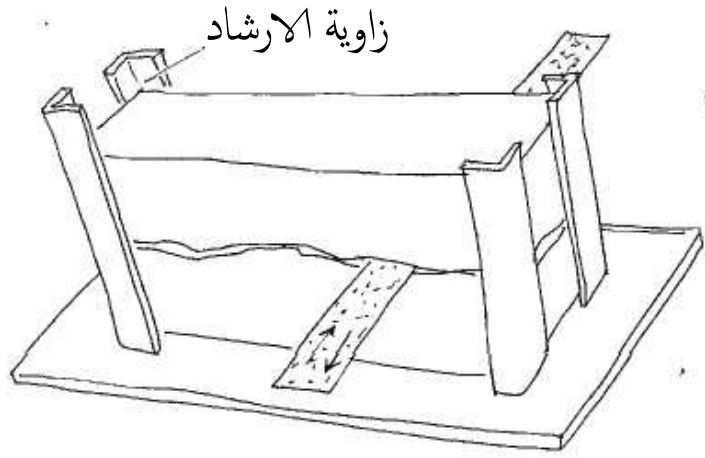
سنة 2004 اقترح جون بوتي أنّ العمّال قد اشتغلوا على الوصلات  
بالنّحت بواسطة شفرة نحاس منتجين غبار الكوارتز (\*) و قد أُخلط هذا  
الغبار مع الطّمي في الوصلات العموديّة للحصول على عجينة كاشطة

في نهاية العمليّة يوصل الحجرين  
بتقارب عال على سطح الجهة  
اليُسرى ممّا يُسبّب اعادة توضعها في  
حالة زلزال خفيف

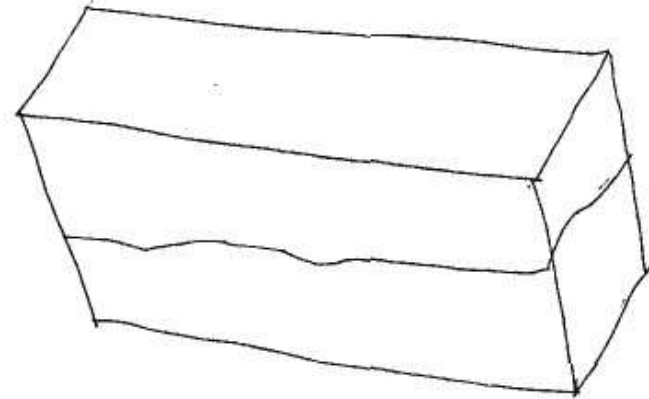
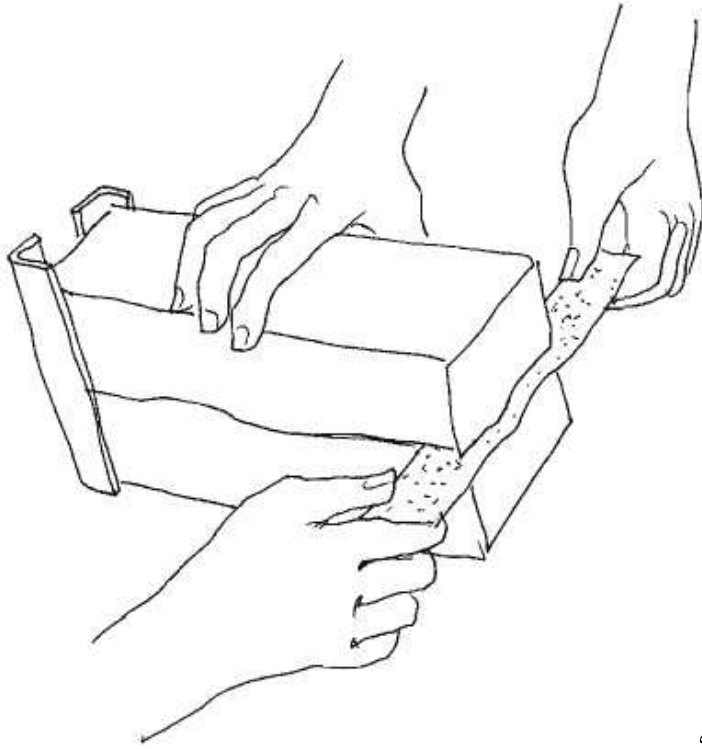
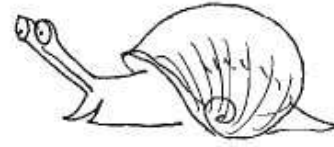


يمكنكم تقليد هذا المبدأ بأخذ قطعتين من البلاز ثمّ باشروا بتغيير وجهيهما بأيّ أداة ممكنة ثمّ اكشطوهما بورق  
كاشط ذو وجهين ملصقين على بعضهما البعض

(\*) من الكوريدون, متواجد بكثرة في أسوان

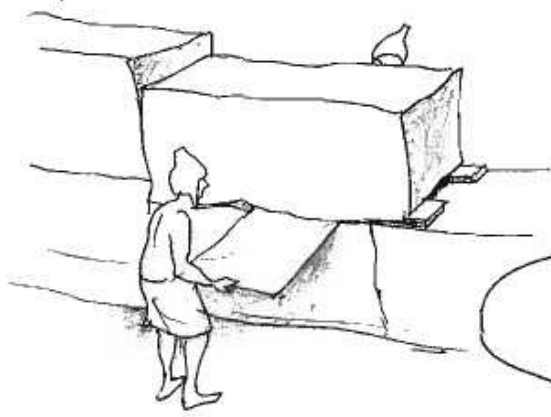


شريطين من الورق الكاشط ملصقين ببعضهما



النتيجة أنّ القطعتين لهما سطحين يساريين متوازيين

في أمريكا الجنوبية، يقترح جون بيار بوتي (2004) الكشط بوجهين باستعمال غطاء من الصوف مشبع بغبار كاشط. (أولئك الناس لم يكونوا يعرفوا المعادن و لكنهم بنوا أهراماً أيضاً)



هذا يستحق المحاولة

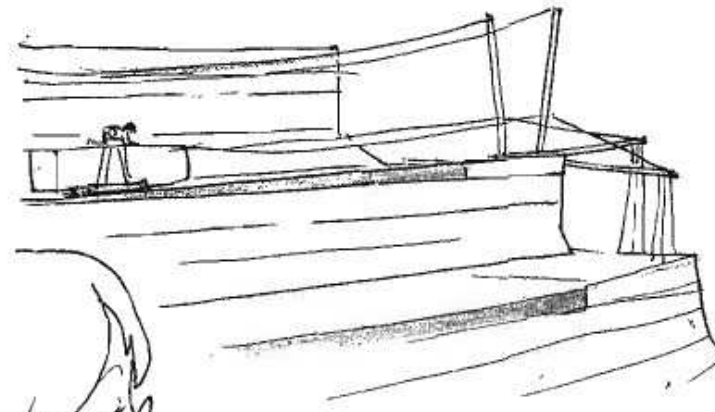


و مالذي تذكره أيضاً

لقد رأيت الكثير  
من الأشياء







بينما كانت الآلتين تعمل بتناوب لرفع الخشب منزلقة على  
طين رطب, لاحظت أنّ المنحدرات كانت مبنية من  
طبقات

و لكن في نظام المنحدرات هذا تواجهنا نفس المشكلة دائماً :  
كيف يمكننا تثبيتهم على نظام مسار من الحجر الكامن في  
الأسفل بميلان يصل الى 52 درجة؟



كان ذاك المنحدر من حجر

من المحتمل جداً, و لكن أين هي مئات آلاف الأمتار المكعبة من الحجارة تلك التي كانت  
تشكل المنحدرات و ما تبقى منها بعد انتهاء دورها في السقالة؟

رأيت كمية هائلة من الحجارة على الأرض, منظمة حسب نوعها, بعضها مصقول بتأني من الكلس الرقيق, و بعضها من كلس خشن أو جها العمودية وحدها كانت مستوية, كما كانت هناك أكوام من قطع الحجارة الصغيرة يحملها العمال في أكياس

اذا نظرنا في الجانب الأثري فإنا نجد بعض هاته الحجارة في الأماكن ذاتها و الذي تقوله يجعلنا نتصور أنّ الحجارة المستعملة في اللّمسات الأخيرة كانت تُنقل الى أماكن العمل مصقولة مسبقاً

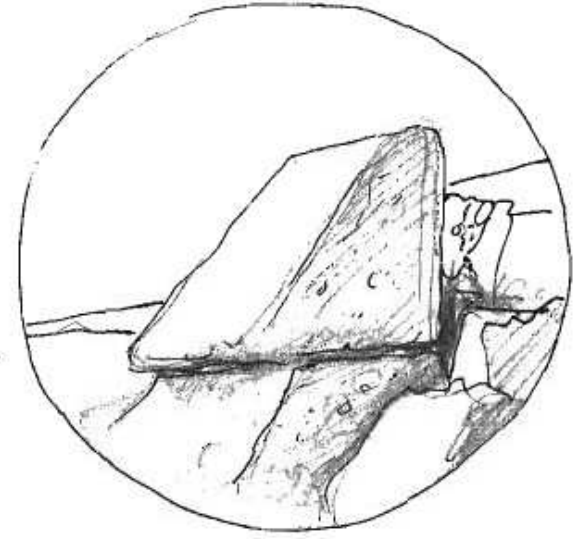
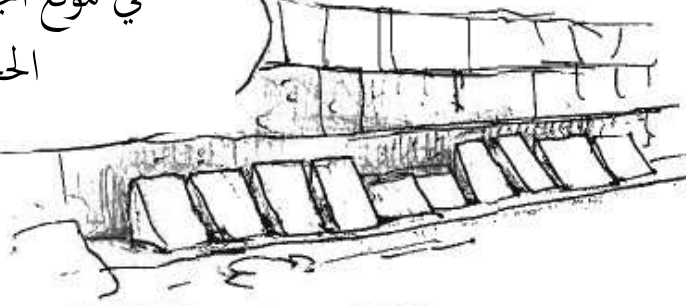
بناء هرم أوناس, سقارة

قاعدة خوفو

بناء هرم سنفرو المائل



في موقع الجيزة نجد الكثير من  
الحجارة المثلثة



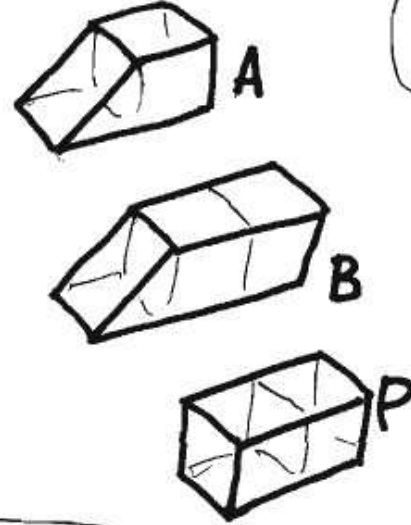
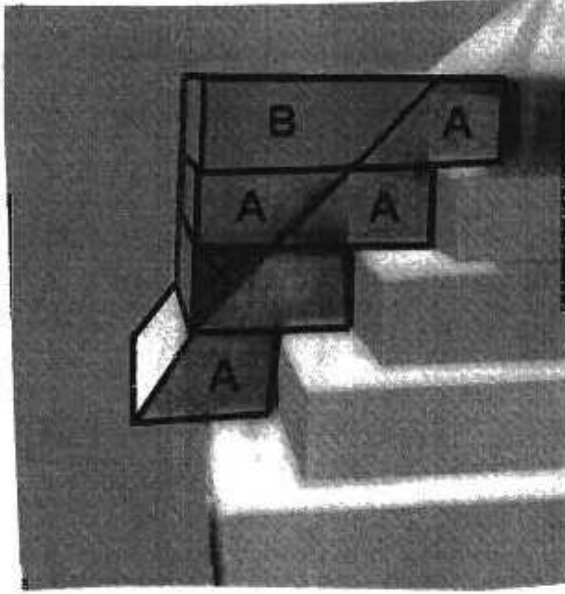
لأنّ الموقع كان يلعب دور محجرة لمدينة القاهرة و نظراً لقربه تُركت الحجارة  
في مكانها



يستحيل استعمالها في أشغال اللّمسات الأخيرة

و قد تكون من بقايا تقطيع  
المنحدر الحجري



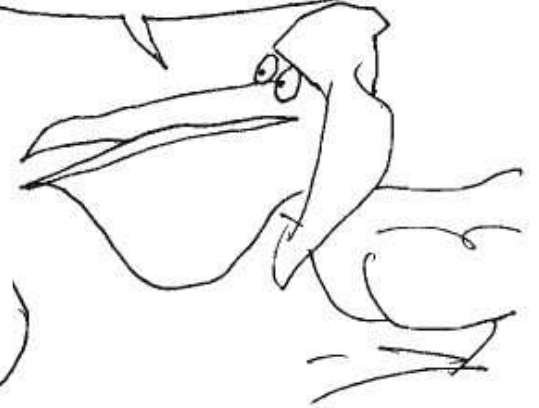
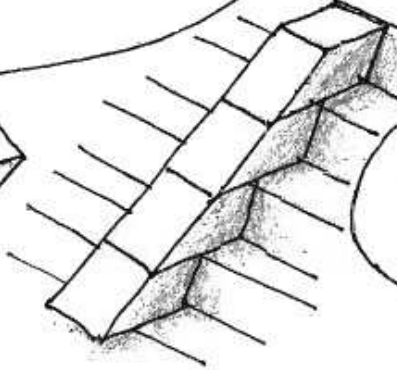
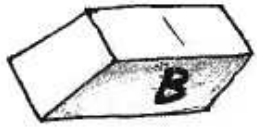


ما قولك في بيان المنحدر  
هذا المعتمد على المسارات  
من أربعة عناصر من نوع A  
و من نوع B و  
متوازي أضلاع كالتي في  
حلبي

يظهر هذا متماسكاً، عند الانتهاء من بناء الهرم  
يكفي نزع العنصرين A و B و القيام بقطع  
في الجزء الرمادي للحصول على وجه الهرم

و ماذا تفعل بالقطعتين A و B ؟

هذا ما يفسر وجود القطع  
المثلثة



نُبقِها للهرم القادم

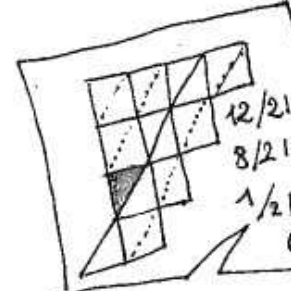


ما تقوله يا تيريزياس يُومه بأنّ الأهرام بُنيت  
بتسلسل

هذا يُوضِّح كيف استطاع خوفو بناء هرمه  
في ظرف 25 سنة فقط

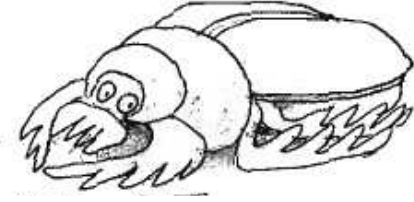
بنية الحجارة قويّة بما يكفي لتحمل وزن  
عشرات الأطنان

غطاء الطوب المجوّف يمنح ميلاناً  
ضعيفاً، و يجعل هذا التّظام ثلاثة  
أرباع من سطح الهرم مقطّعة  
لأجزاء صغيرة



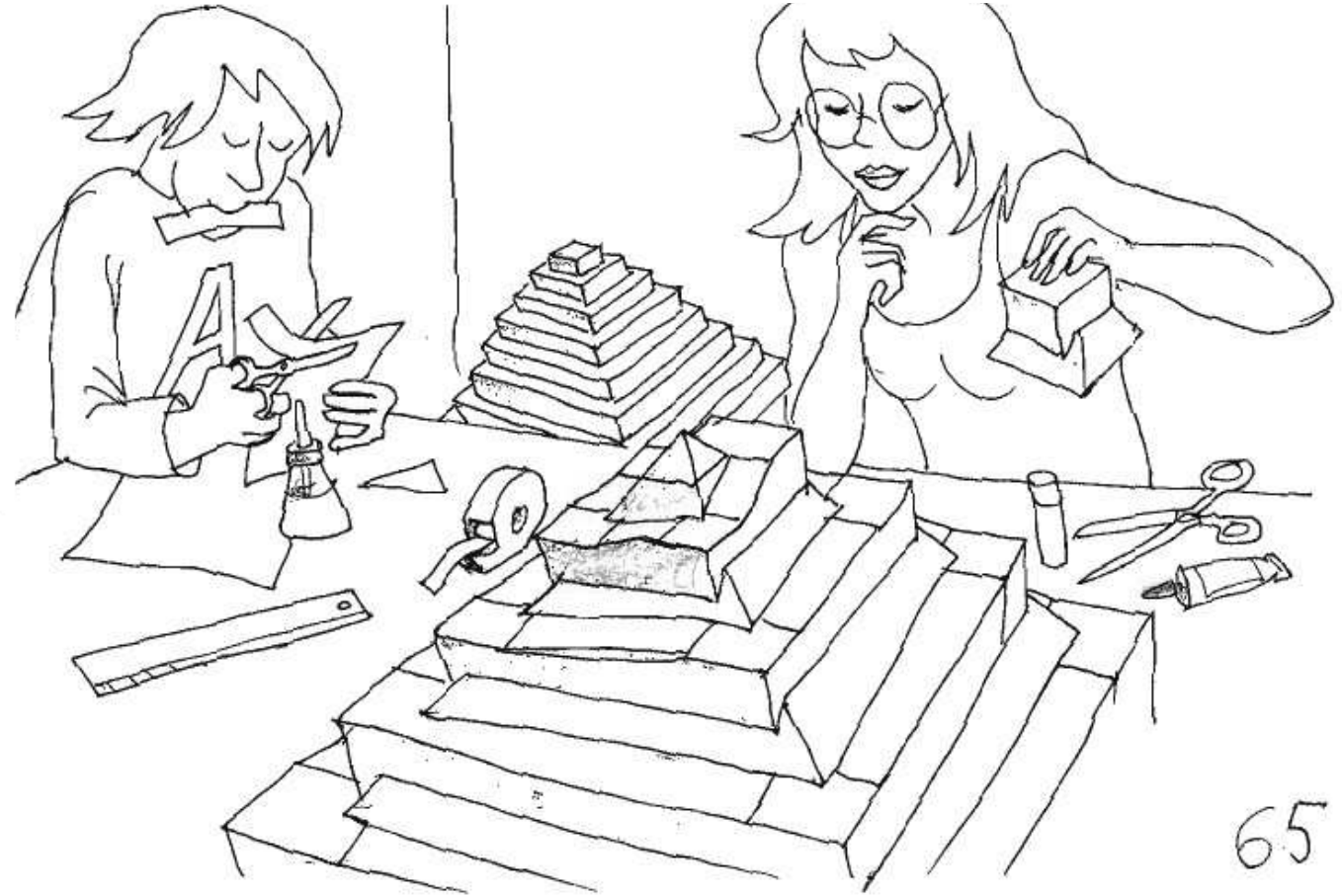
57 بالمئة من الحجارة المشكّلة للمنحدر تُصبح جزءاً من  
اللّمسات الأخيرة لوجه الهرم و 38 منها تُستعمل في  
بناء الهرم التّالي و لا تُمثّل البقايا الأخمسة بالمئة

بقي لنا أن نفهم كيف تقام هاته المنحدرات على قواعد مربعة في الزوايا



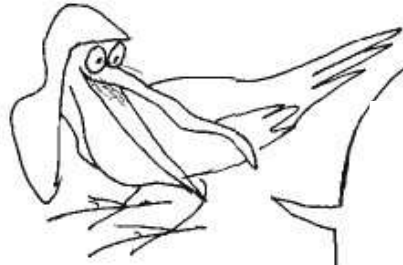
## منحدر جون بيار بوتى الحجري

بدأت صوفي و أنسالم بصنع نموذج  
من ورق الطباعة مُرَقَّق بشبكة  
عُرْزُها تساوي 5 مم طولاً و عرضاً و  
من هنا المنطلق



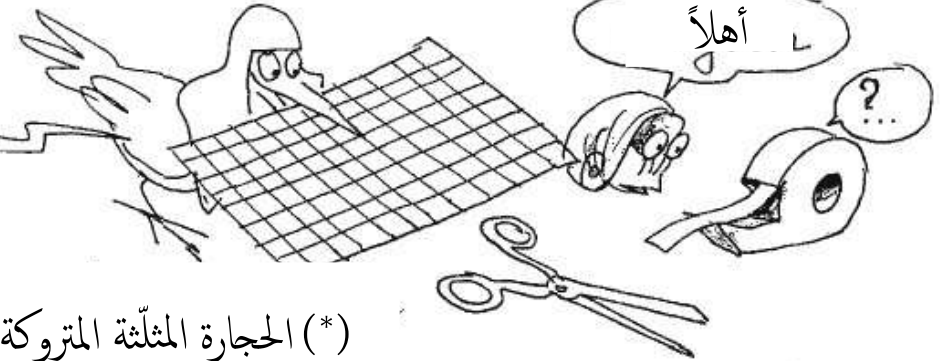
# اللّوغاريتم

انه حلّ المشكل الهندسي التّالي : كيف يمكن الحصول على شيء ذو تناظر رباعي (هرم) بالاستعانة بأداة تتبع مساراً متصاعداً و حلزونيّاً وكل ذلك بالعوديّة



ثمّ نريد لهذا الشّيء المسند على مسارات ذات بنية هرميّة تحتيّة (\*) أن يشكّل بدايةً وسيلة للسّقالة من حجر تسمح بنقل الحجارة صعوداً على المنحدر و يشكّل عناصر اللّمسات الأخيرة عند نهاية البناء وكلّ هذا مع أدنى كميّة بقايا ممكنة

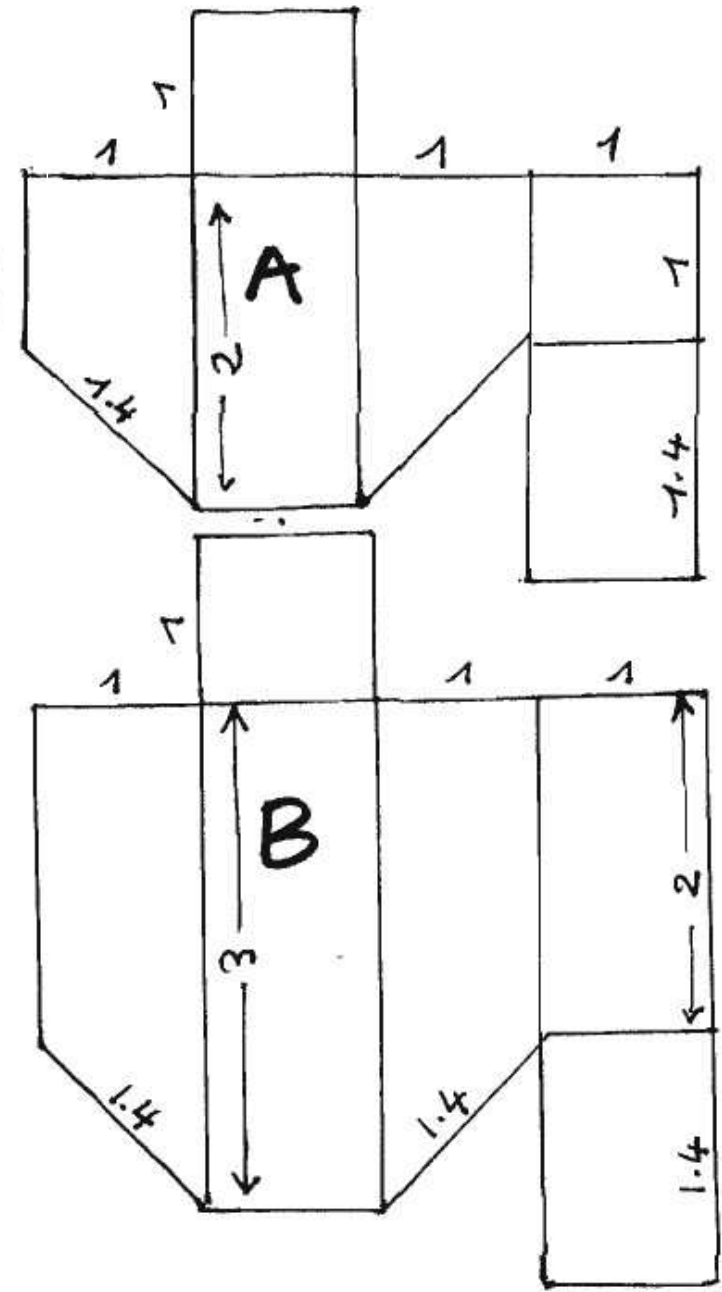
لنبدأ العمل بورق طباعة مرفوق بشبكة



(\*) الحجارة المثلثة المتروكة على موقع الجيزة



انك الفرعون الجديد خوفو، الفرعون سنفرو والدك قد ترك لك جبلاً من  
الحجارة المصقولة التي استعمل جزءاً منها في بناء هرمه الأحمر و هرمه المائل.  
نحو الجنوب، على موقع داشور يوجد ما يكفي منها لبناء وسيلة سقالة من  
الحجارة ما يسمح لك ببناء هرمك اللزّاع في ظرف عشرين سنة. بفضل  
الحجارة المستخرجة بسهولة من موقع الجيزة و التي تملك أوجهاً مسطحة و  
أفقية كونها مأخوذة من طبقات رسوبية للكلس الحشن مفصولة بطبقات طين  
رفيعة فانك ستستعمل القطع من نوع A و من نوع B فقط (\*)



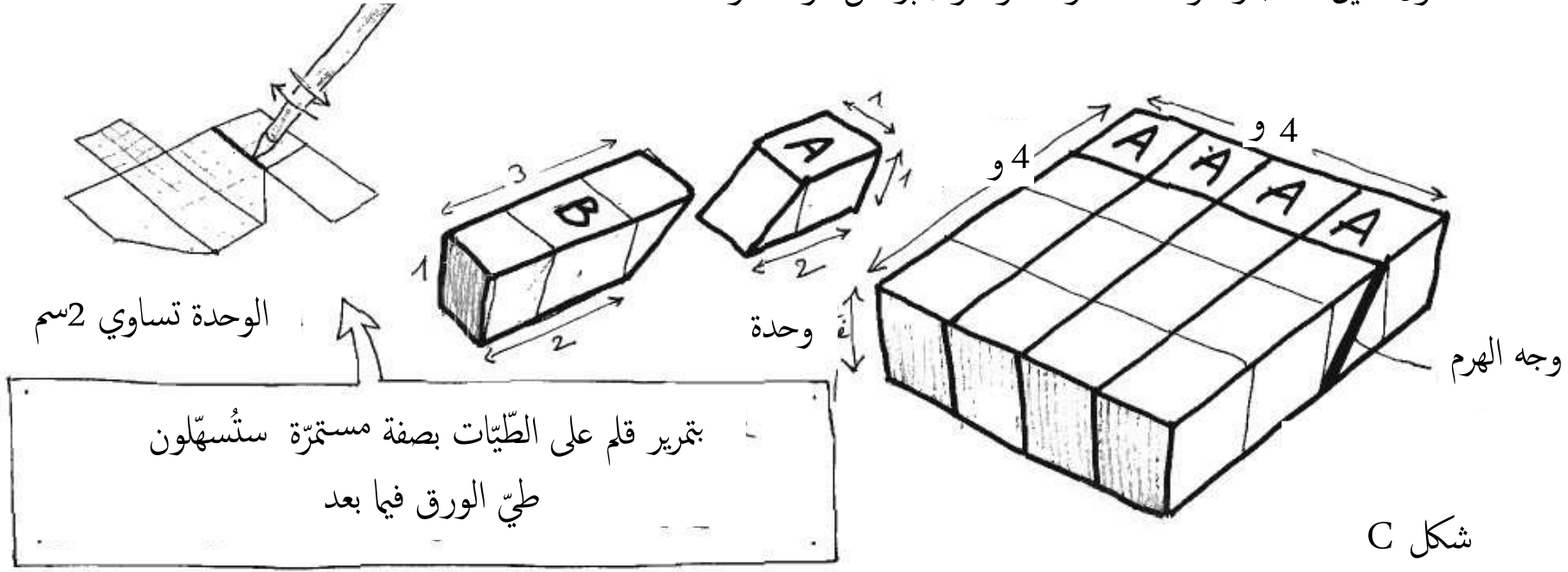
نعلم أنه مُملّ بعض الشيء  
و لكن فهم القضية يستحقّ الجهد



67

(\*) اذا كنتم تُفضّلون عمل هذا بالتجارة فاستعملوا قطعاً طولها و عرضها 2سم

"طول اثنين سنتيمتر هو فقط للارشاد و هو يُعَبَّر عن الوحدة و



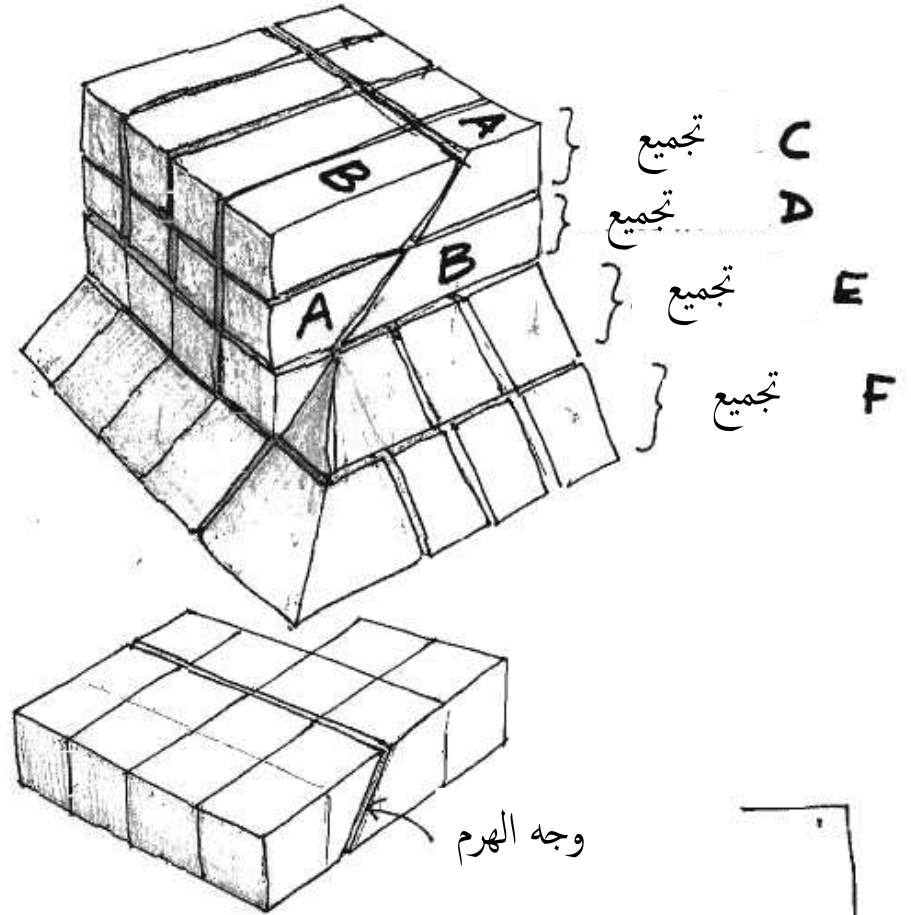
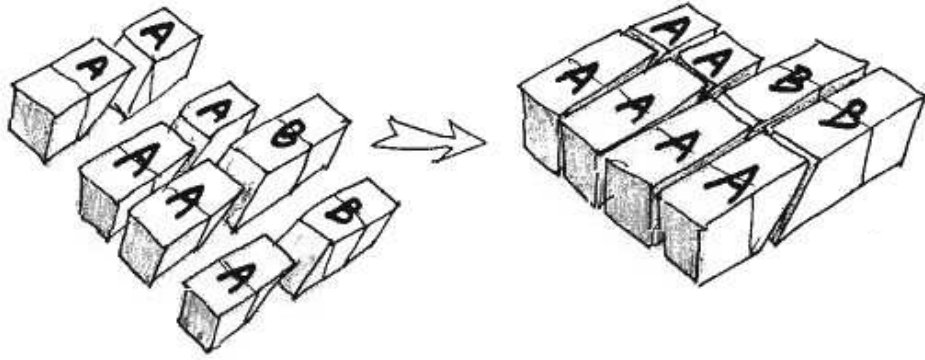
بالصاق أربعة عناصر من نوع A مع أربعة من نوع B تحصلون على الشكل C الذي يمثّل قاعدة الزاوية التي تُمرّ عبرها الحجارة التي تزن من 20 الى 60 طناً (مجموعها 52 في هرم خوفو) في شكل منحرج ذو 90 درجة على سرير من الطين الرطب و هي التّقنيّة الموضّحة في الصّفحة 29

ان كان لديكم أدنى شكّ في فعالية هاته التّقنيّة قوموا بوضع سائل غسيل الأواني على أرضيّة حمامكم ثمّ حاولوا عبور هذه الغرفة دون أن تُهشّموا وُجوهكم



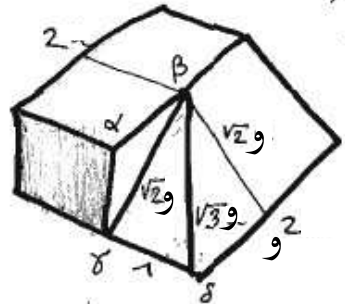
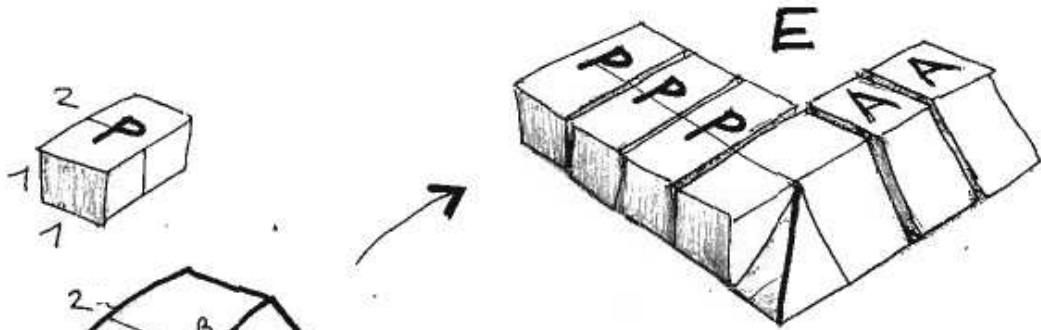
تتكوّن قطعة الزاوية من أربعة قطع مقطّعة مسبقاً

هاهي طريقة بناء الطبقة التّالية و هي D دائماً انطلاقاً من  
مخزون الحجارة A و B

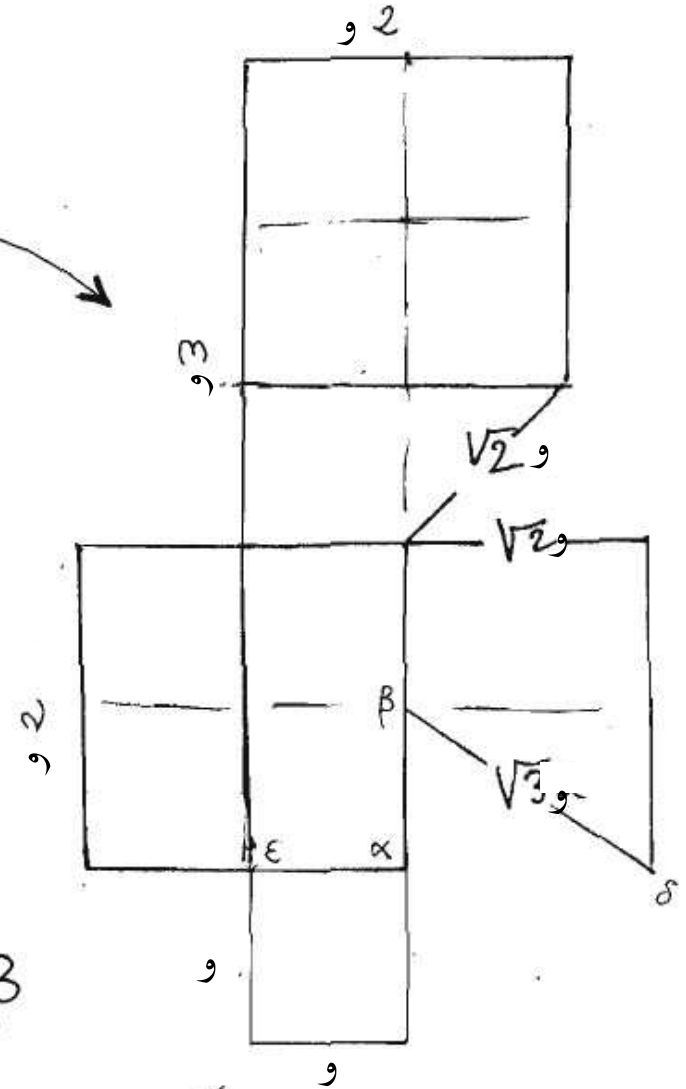
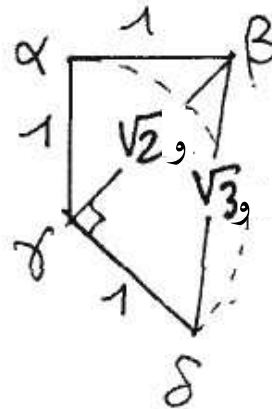
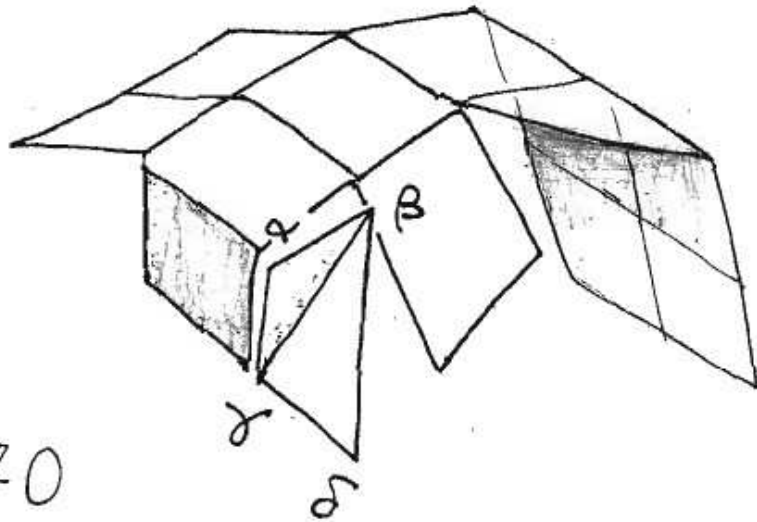


في كلّ الذي سيأتي سنعمل على أساس أنّ ميلان كلّ أوجه الهرم وحدات و أنّها أفقيّاً تشكّل زوايا ذات 45 درجة و إنّما الأهرام  
لها أوجه أكثر انحداراً من ذلك فأنحدار هرم خوفو يساوي 11\14 ممّا يعكس زاوية بها 51°30'34"

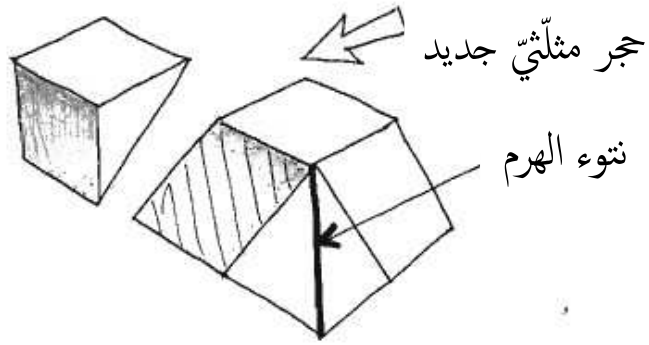
يمكن تعويض الوحدة للشبكات الأفقية كالآتي  $0,7857 = \frac{11}{14}$  و



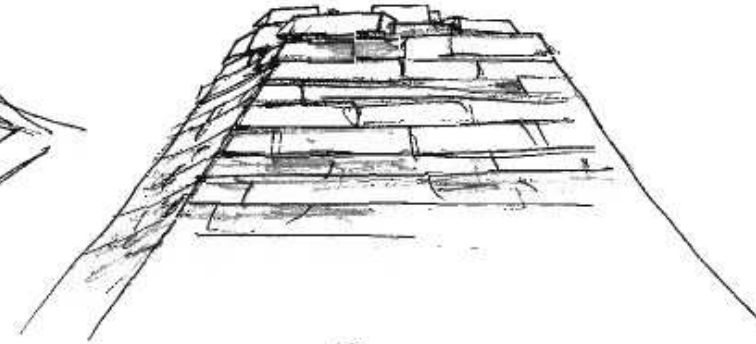
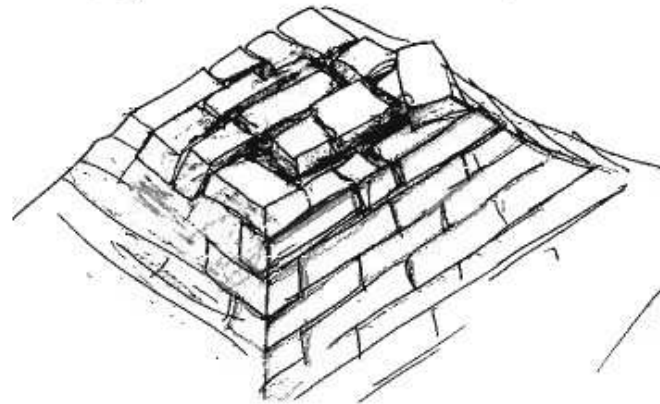
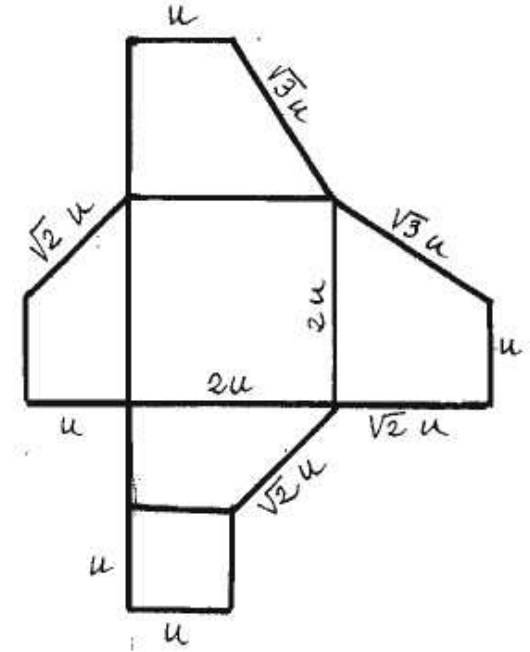
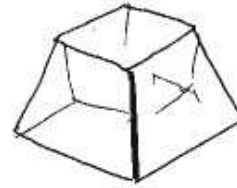
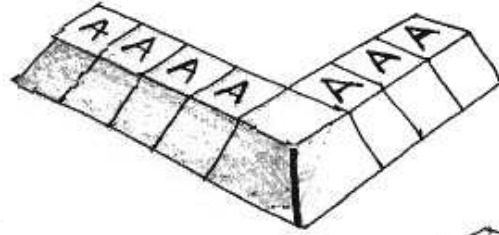
الشكل  $E$  مكون من نوعين من الحجارة  $A$   
 و من ثلاثة من متوازي السطوح  $P$   
 من الجهة  $x$  و  $x$  و  $2$  و  $و$  و من مجموعة  
 قطعها التالي يعطيكم الشكل

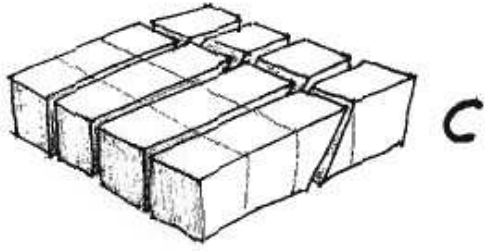


قطع القطعة E يعطي البقايا الوحيدة المعروفة في الموقع

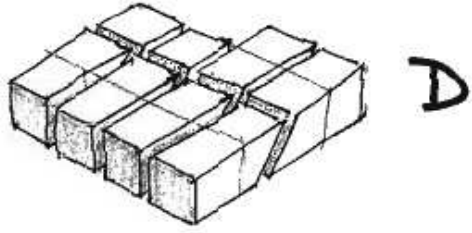


الطبقة الأخيرة F مكوّنة من سبع حجارة من نوع A و من حجر شكله يُشبه القطع الممثل هنا، و كلّهم يشكّلون معاً عناصر اللّمسات الأخيرة. نجد ما يشبه هاته الحجارة على بقايا قمة هرم خفرع

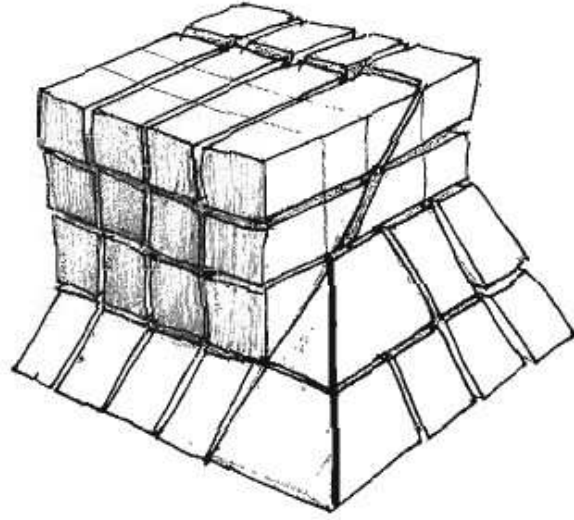




C

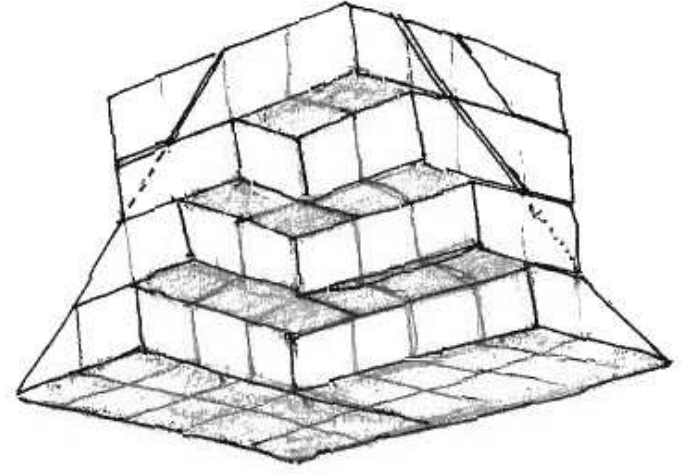


D



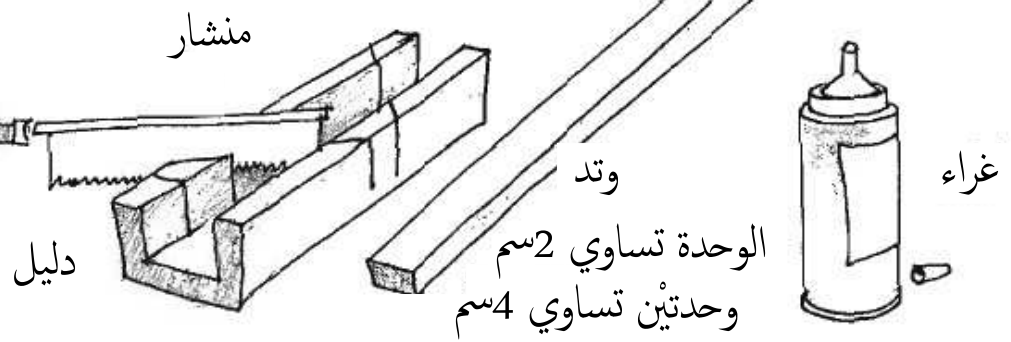
E

F



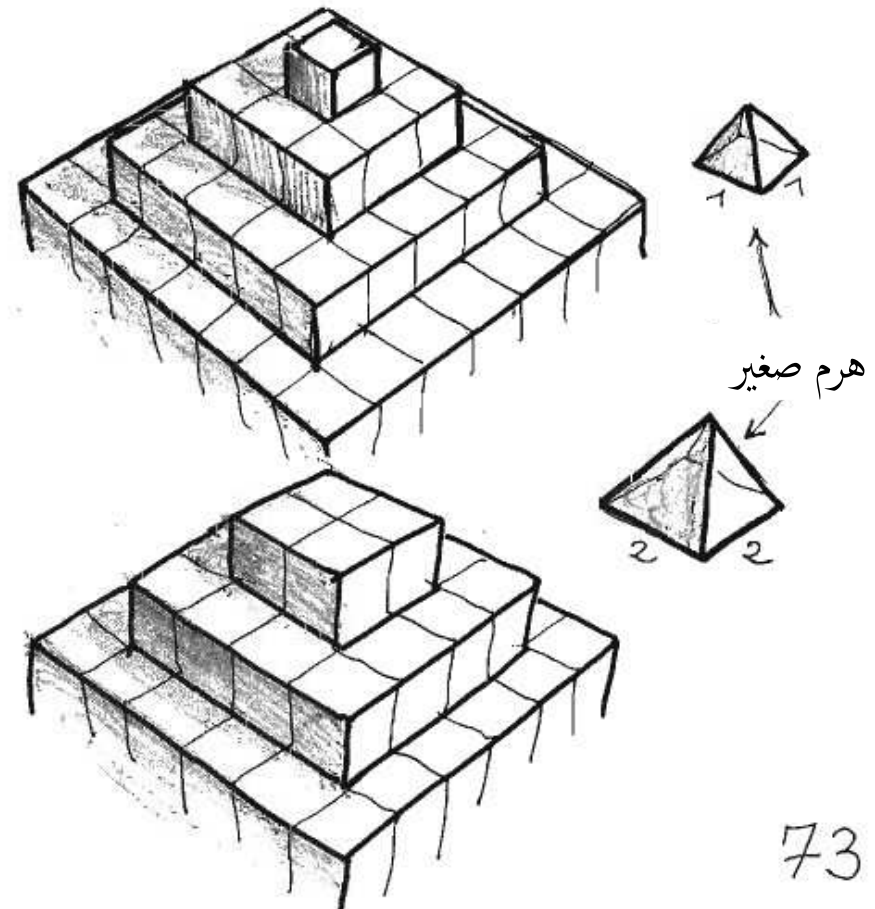
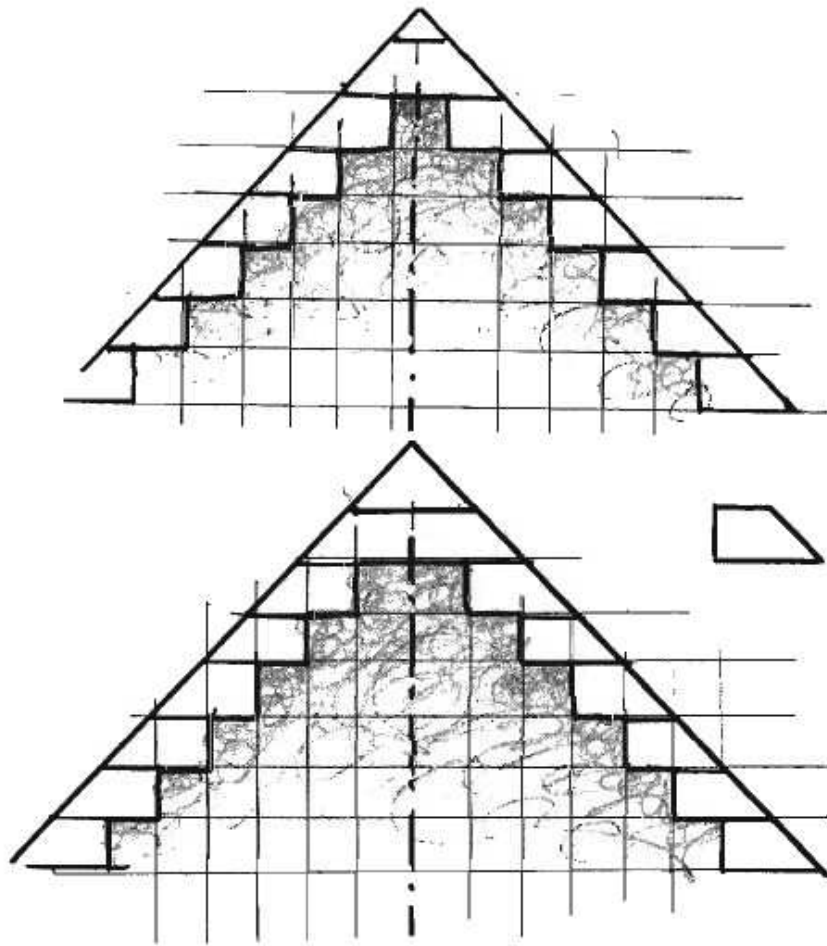
لفهم كيفة توضع حجارة الزوايا على المسارات لابد من  
بناء نموذج و أفضل مادة لبناء المسارات هي الخشب

اليكم المواد و الأدوات .

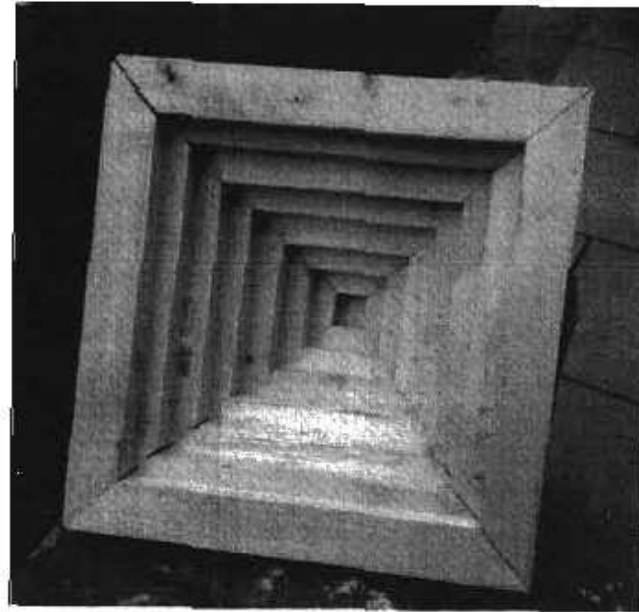


لنفرض توفر عدّة حجارة مثلثيّة من هذا النوع عندكم الآن، لنرى تناوبها من مسار الى آخر مُشكّلة قاعدةً حجريّة قويّة لطريق الصّعود و من أجل ذلك يجب بناء المسارات

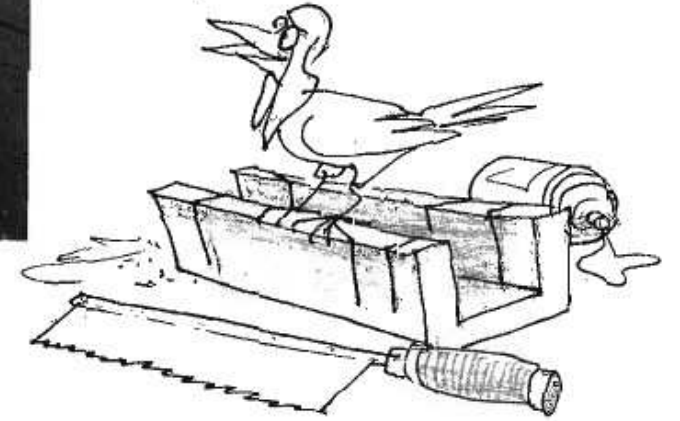
هناك هندستين ممكنتين للمسارات كما هو موضّح في الرّسمين التّاليين. الجوانب تماثل و يمكن الاختلاف فقط في العناصر الموضوعة على القمّة الهرميّة





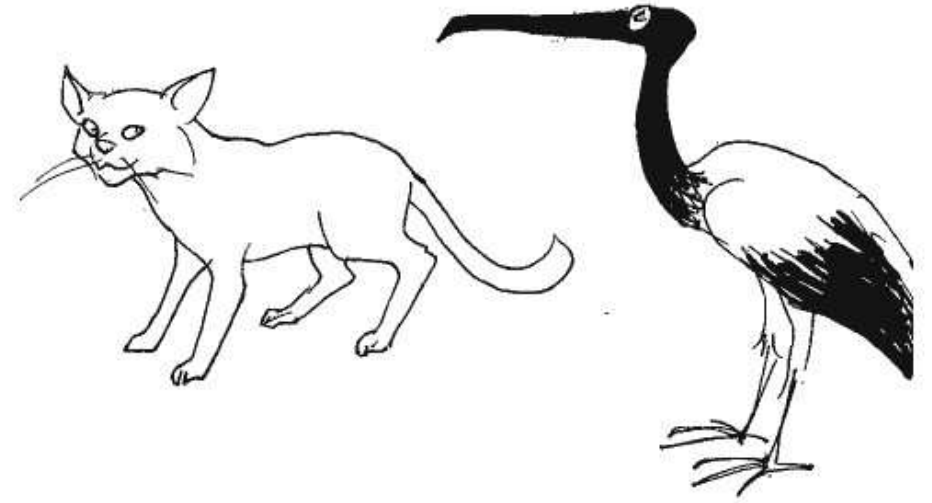
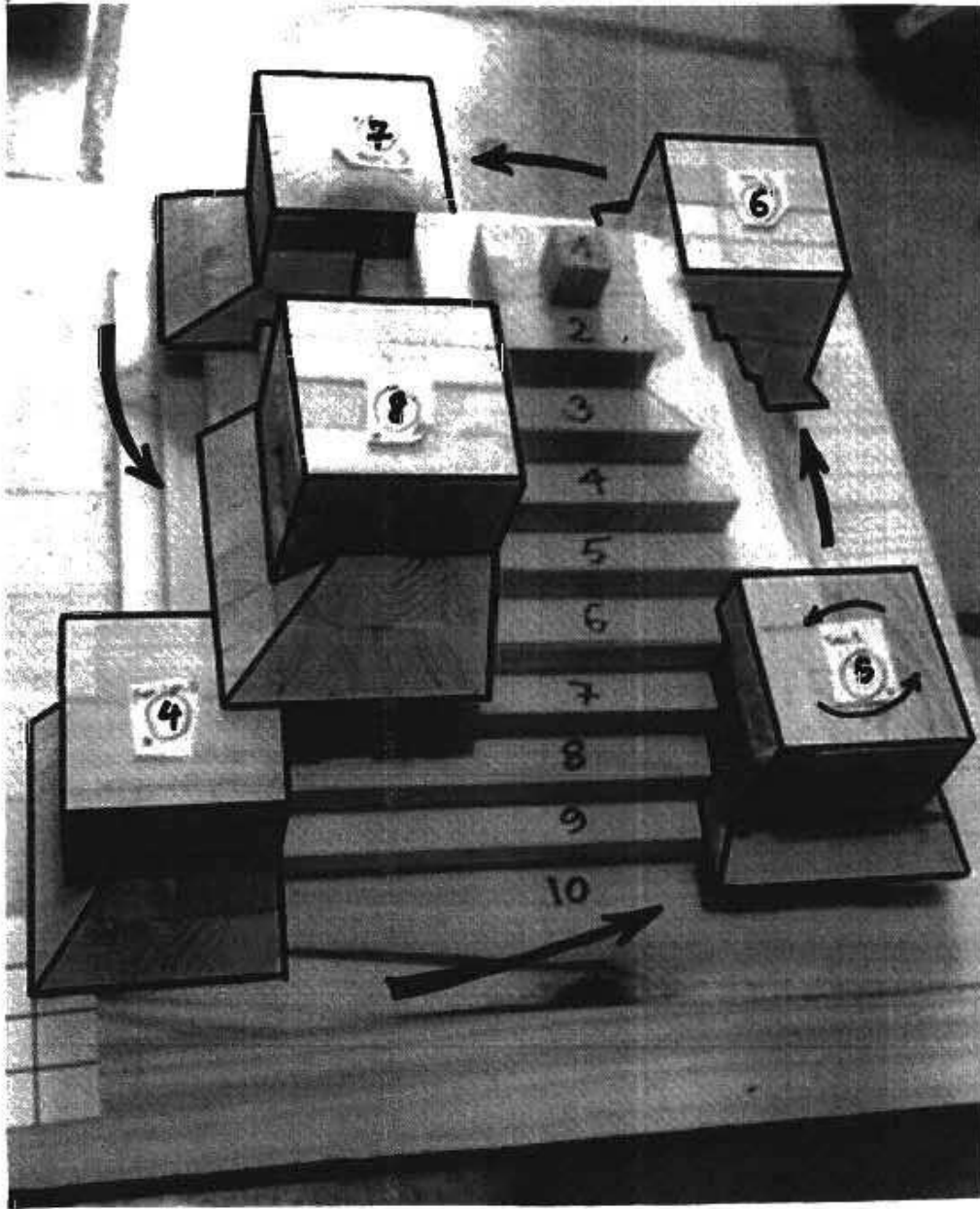


هذا نموذج لبعض المسارات مُرَكَّب  
من أوتاد أبعادها 2 سم x 4 سم  
باستعمال الغراء و المنشار



و قطع الزوايا صُنعت من خشب





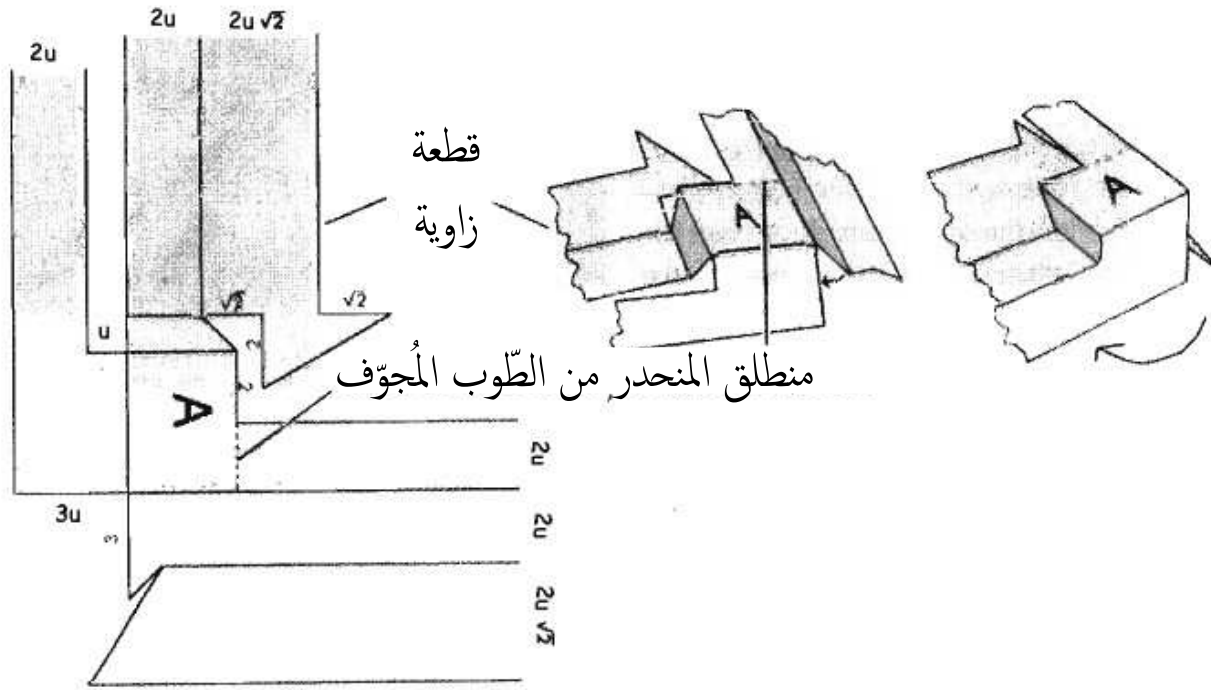
هذا الشّكل يعطي حلّاً للمشكل المطروح  
 للنطلق من الوضعيّة 4 مُغطّين المسارات, سننقلها عبر  
 المسارات و في الزّاوية التّالية نقوم بانحراف 90 درجة و  
 انزلاق عموديّ بعلو المسار (الوضعيّة 5) و نقوم بنفس  
 الشّيء في النقاط 6, 7 و 8

ستتوضّع القطعة في النّقطة 4 كما هو موضّح. بهذا الشّكل  
 العودي نتحصّل على لوغاريتم المسبّب للمنحدر

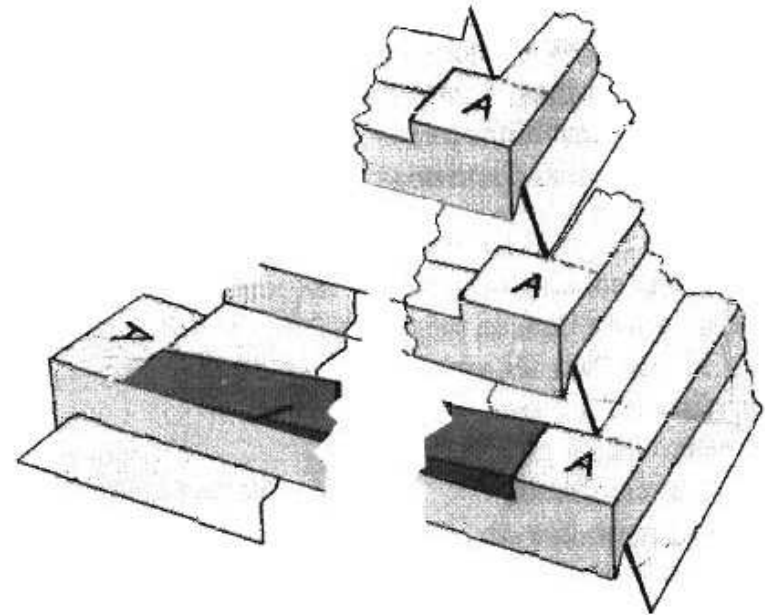
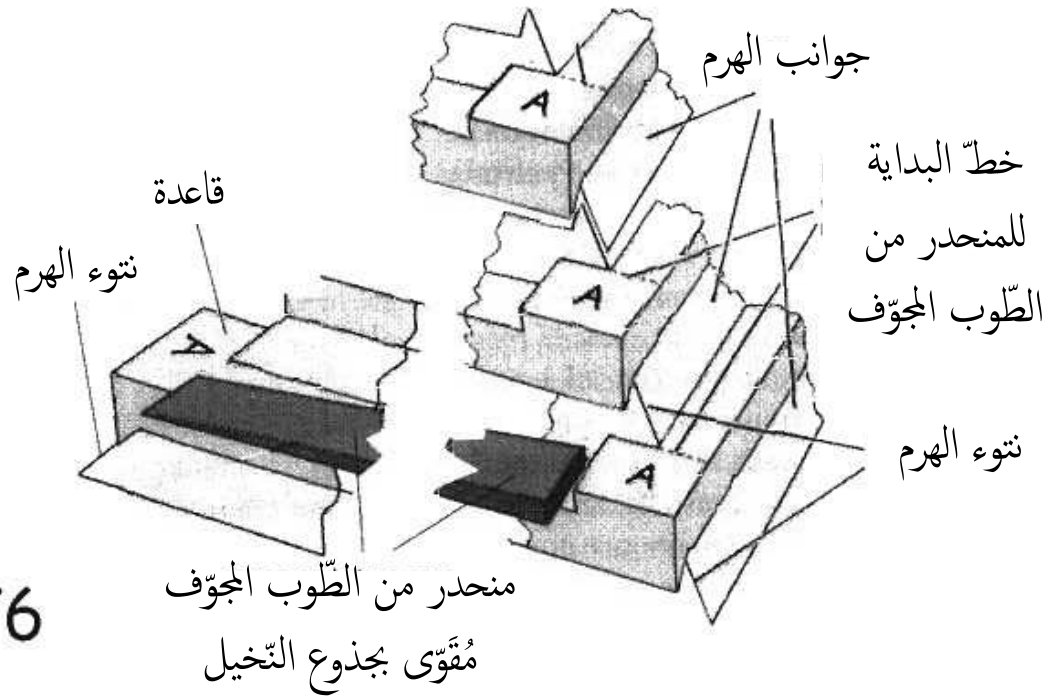
75

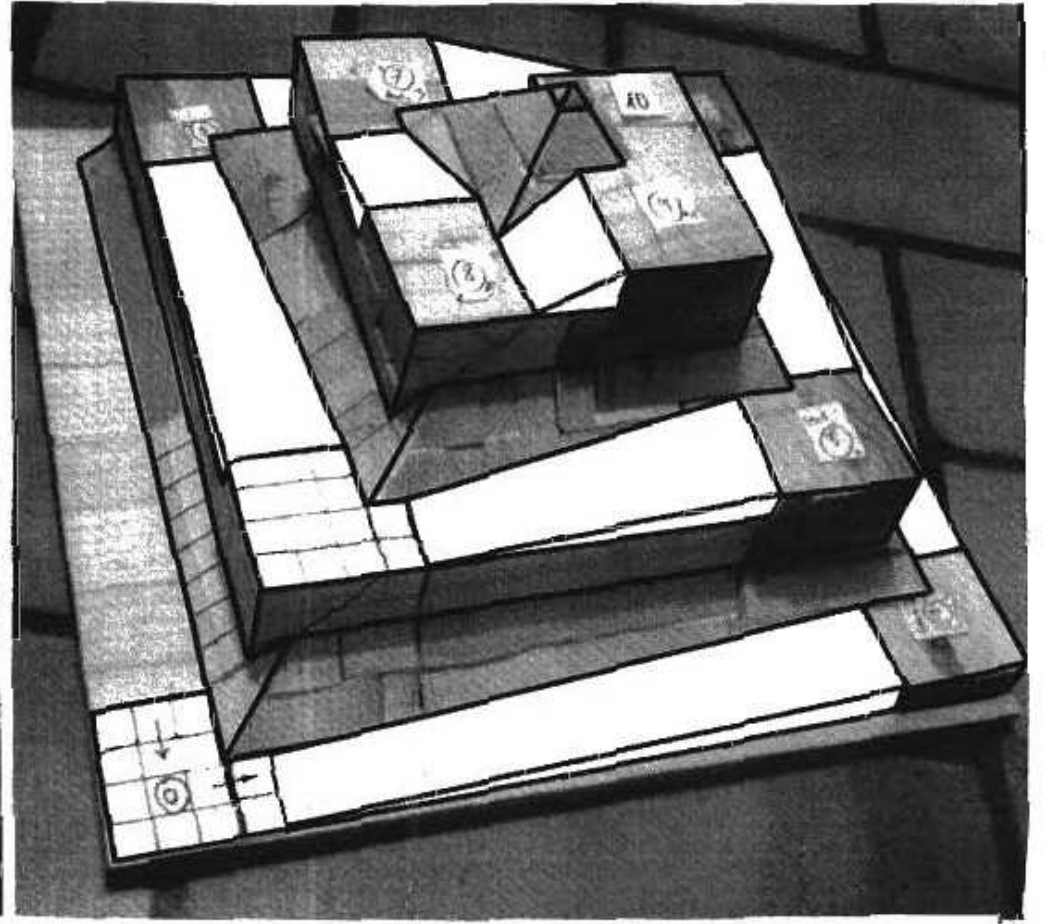
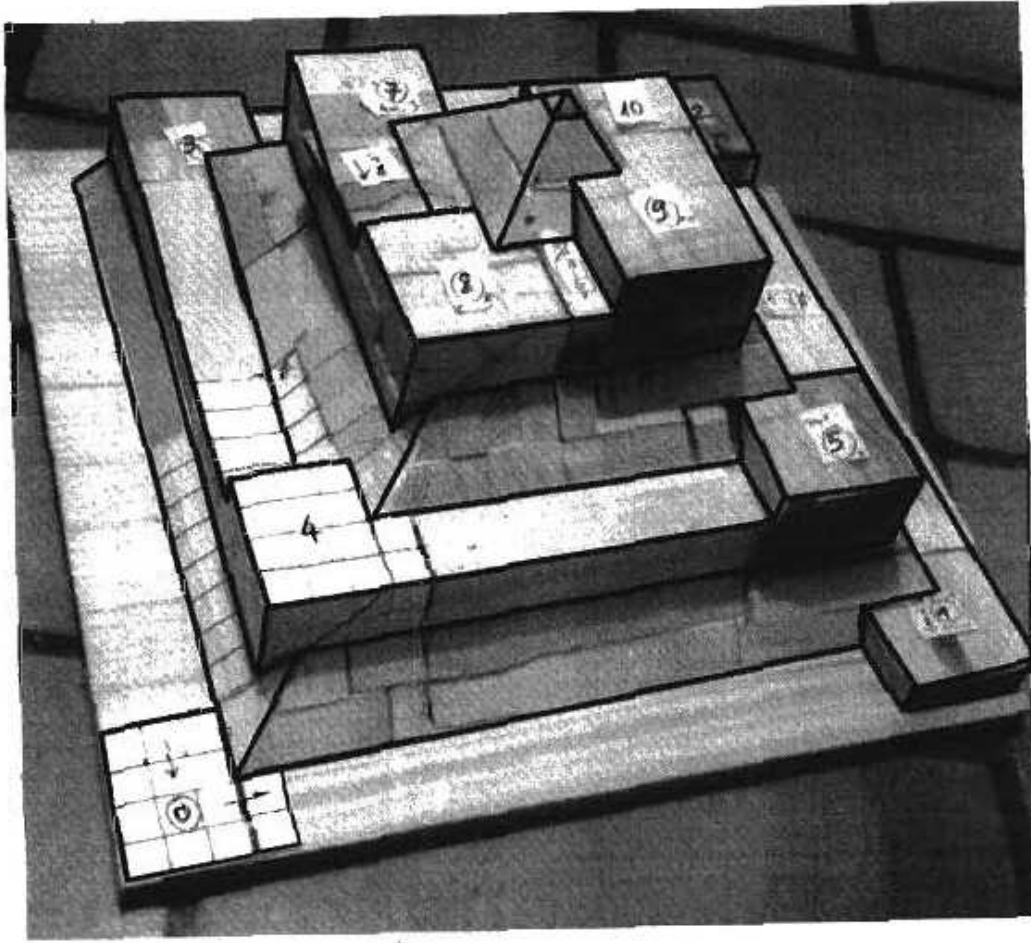
(\*) العوديّة مفهوم رياضيّ ظهر في القرن التّاسع عشر

$$w = u$$



هذا التّقطيع يسمح بفهم كيفية توضع  
قطع الزّوايا بنهايا أشغال الهرم





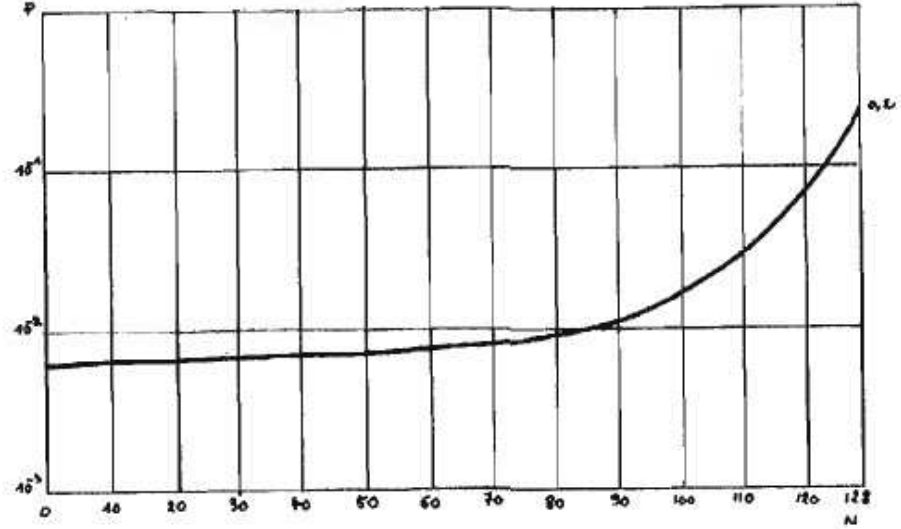
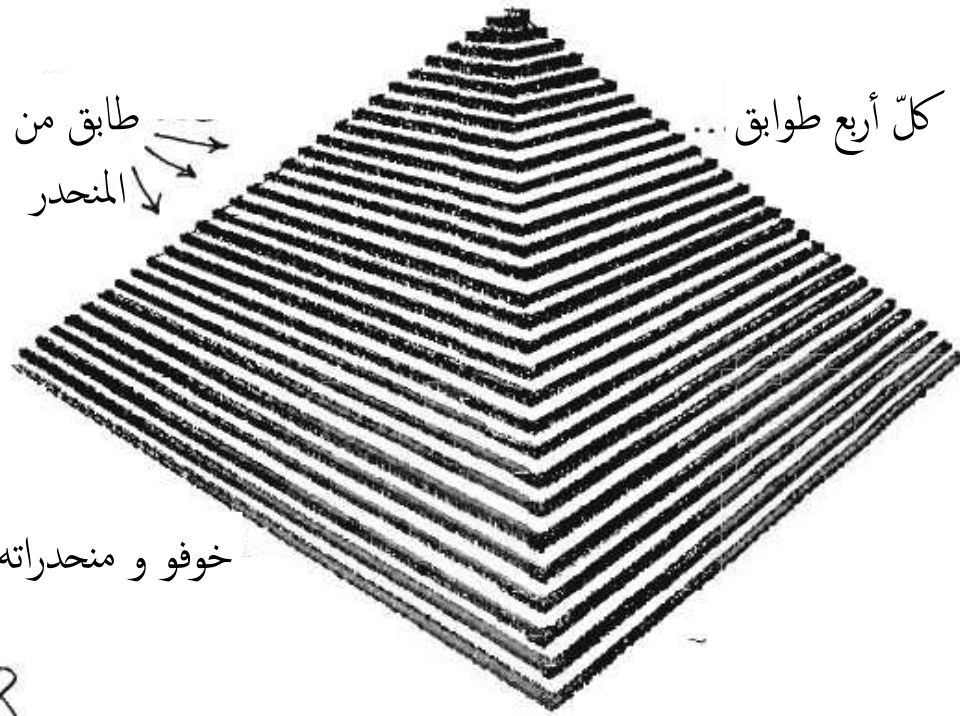
من السهل اتمام وضع قطع الزوايا من 4 الى 10 مع الحجارة من النوعين A و B و متوازيات السطوح على الجوانب (و، و2و) و هذا ما قمنا به في النموذج على اليسار. في الشكل على اليمين، كما هو موضح باللون الأبيض، أضفنا بعض المخططات المائلة من الطدوب المجوف المدعم بجذوع التخلّة، على الذين يريدون فهم هاته الهندسة المعقدة الرجوع الى الملحق A الذي يصف بدقة طريقة تركيب هذا النموذج و كذا تفكيكه لتوضيح صورة الهرم و بنائه



لنوضح الأمور, لدينا نظام تتابع لمكوّنات الأهرام بواسطة منحدر ضيق من الحجارة و لكنّه يسع لنقل جمعين من العمّال أحدهما يسحب حجارة وزنها بين الطنّ و الطنّين و نصف مثبتة على عربة تنزلق على طين رطب و الآخر يُنزل العربات الفارغة, عند أربع أخماس الارتفاع, ميلان المنحدر يصبح أقلّ من 1 بالمئة ممّا يجعل قوّة السحب مُركّزة في التغلّب على فعل الاحتكاك, الشّيء الذي يمكن فعله بالاستعانة ببعض الرجال

تناوب الحجارة في الزوايا بانحراف 90 درجة ينجح بفعل السحب

هذا المنحدر ذو الثلاثين دور يرى ميلانه يكبر فجأة في الأدوار الأخيرة نحو القمة و المسار كلّه في هرم خوفو يساوي الثلاثة عشر كيلومتر

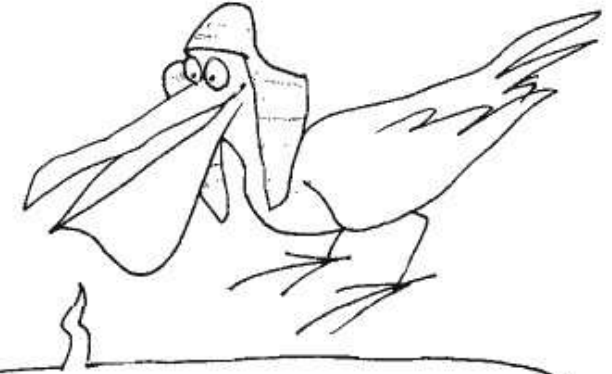


تطور ميلان المنحدر



هيا يا رجال

سحب الحجارة ذات المعايير العادية على منحدر ذو ميلان ضعيف



عندما يحتوي البرنامج على وضع أحد الاثنين و خمسين حجراً من الغرانيت فاننا نغير التقنية بحيث تساهم الآلات (انظر الصفحة 45 و الصفحة 53) في قوة الجذب فتستطيع جماعتان مكوّنتان من ستة رجال خلق قوة جذب متناوبة بين 400 كغ و 1200 كغ

هيا يا رجال

## الزّحف و مقاومة الزّلازل

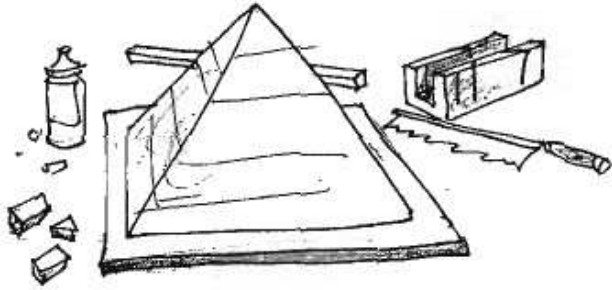


يواجه مصمّم الهرم مشكلتين, أولهما مرتبط بالتيّة  
السّطح الأرضي من خلال الزّحف و الثاني مدى  
مقاومة البناء للزّلازل

حسناً, الظّاهر أنّ مشكلة رفع الأثقال أثناء البناء  
و تواترها عند الصّعود قد حلّت و لكن ماذا و  
كيف نفعل بكلّ هذا؟

هل سمعت بهاته الأشياء  
في حجرتك من قبل؟

لا... رغم أنّنا في أعلى  
الدرجات. لا أفهم ذلك



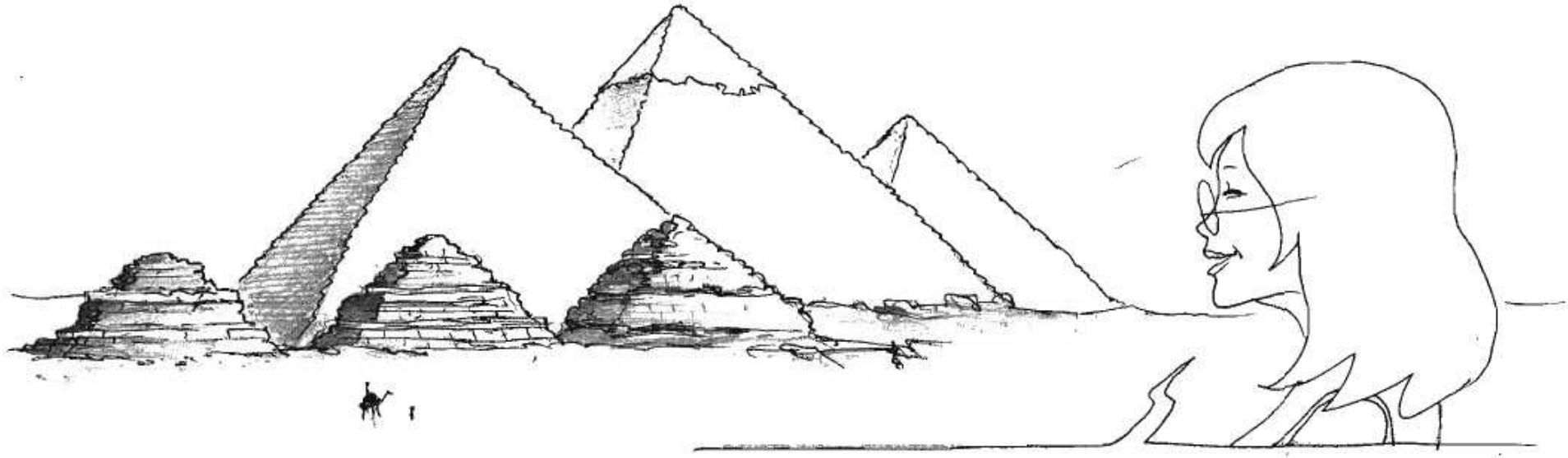


يُمثّل هرم خوفو مليونين و خمسمئة ألف متر مكعب مع متوسط حجم متر مكعب للحجر الواحد و هو مجموع 2500000 متر مكعب, أليس كذلك؟

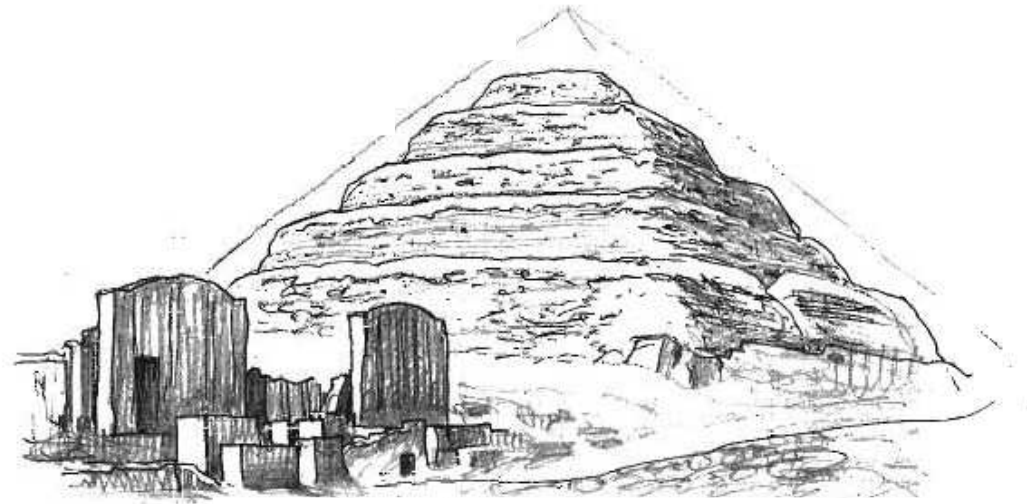
اكتشاف نصوص الأهرام في القرن التاسع عشر يعطي لهاته الأحجار و لتعقيدها الجنازيرة طبيعة أليّة ما وراء الطبيعة و هذا ما دفع علماء المصريات لاعطاء تفسيرات لهذه البنات من زاوية رمزية, و بالتالي ففكرة وجود درج يسمح للفراعنة بالصعود الى السماء يمكن أن تكون أصل الأهرام المدرجة

و هل تعكس هندسة الأهرام ترجمة حرفية لموضوع ديني؟

أو بالعكس, ألا تمثل هذه النصوص الدينية ترميزاً للحلول مفروضاً لضروريات تقنية

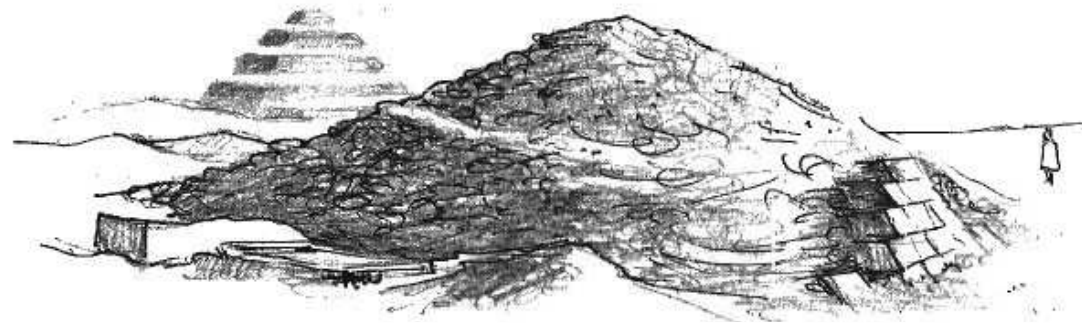
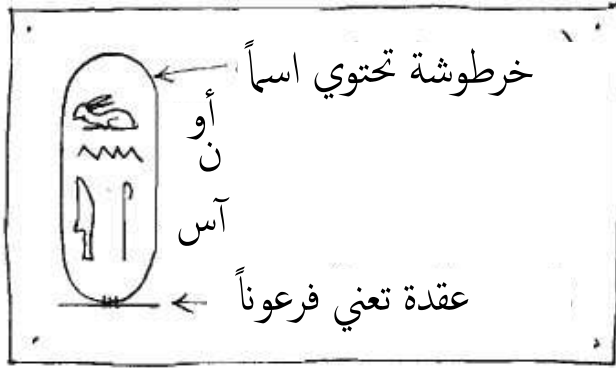


البناءات المدرجة حاضرة بقوة مثل أهرامات منقرع الظاهرة في الخلفية و من المعقول التفكير في وجود مثل تلك الأدرج على المساحات الحالية لأهرامات الجيزة إلا أنها الأقل تضرراً من فعل النهب الذي عان منه كل تاريخ مصر القديمة الى درجة الشك في كون الهرم الأقدم و هو هرم محوتب الذي أهدها الى الفرعون زوسر المتواجد بسقارة هرماص أملس السطح ذهب ضحية سرقة الأحجار ممذا أظهر ادراجه



سقارة حوالي 2600 ق.م

ضمن معظم السّتين هرمًا المعدودة في مصر، و إذا كان باطنها غنيًا، تحتوي على مظهر خارجي متضرّر للغاية بسبب نهب الحجارة منذ زمن الفراعنة. الهرم التالي لأوناس -2320ق.م- التي تحوي بداخلها -أنظر صفحة 20- نصوص الأهرامات



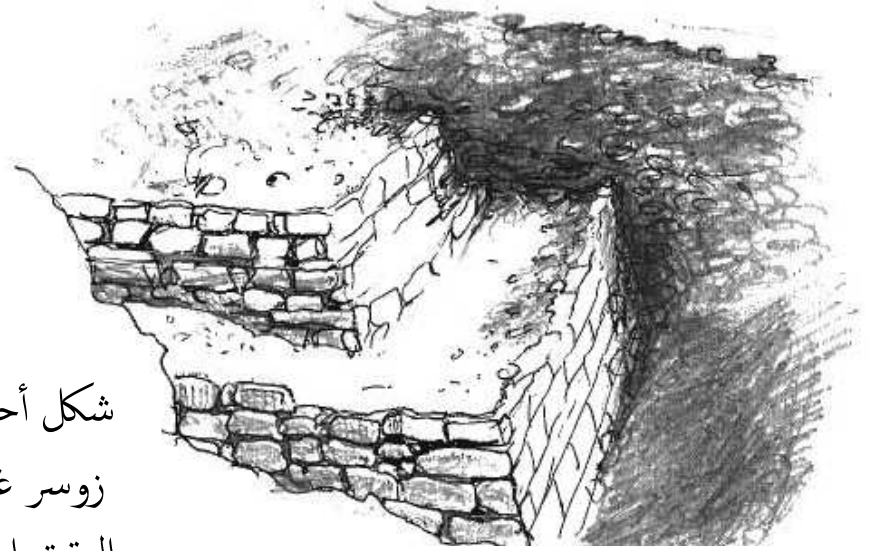
بقايا هرم أوناس في سقارة، و علو الهرم الأصلي 45 متراً بينما علوه اليوم احدى عشرة متراً فقط

كيف لأهرامات الجيزة أن  
صمدت رغم النذهب

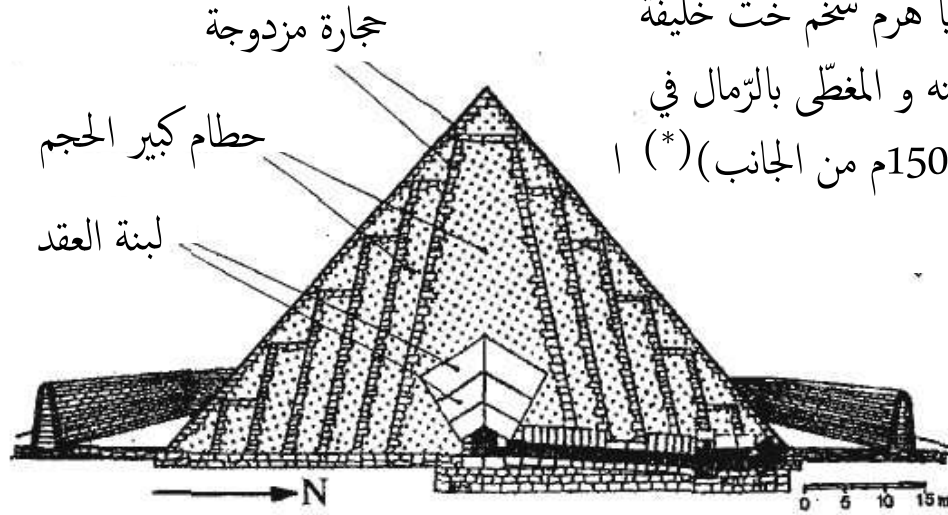


المساحة السطحية من الكلس الرقيق قد  
اختفت تقريباً كليّة ما عدا قمة هرم خفرع، أمّا  
الباقي الناتج من المحاجر المحفورة في الهضبة  
المملوء بالمحار فقد كان ذو نوعيّة رديئة للغاية

بمجرد وضوح البنية الداخليّة لبعض الأهرام فأتنا ندرك أنهم كانوا يضعون في  
الجدران حطاماً كبير الحجم و هذا ما جعل بعض علماء المصريات حوالي  
سنة 1900 مثل الألماني بورشاردت يتصوّر الشكل التالي



شكل أحد زوايا هرم سخم خت خليفة  
زوسر غير المنته و المغطى بالرّمال في  
الوقت الحالي (150م من الجانب) (\*)



مقطع لهرم سخورع حسب بورشاردت

قبل التضرّر 4م و اليوم 36 م

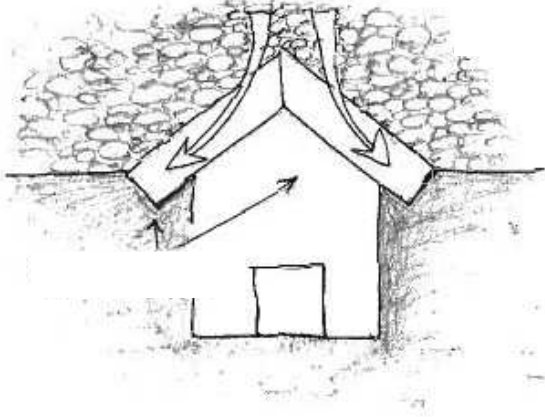
مع درجة الانحدار لضمان  
الاستقرار

نفس الاستعمال كان لأعمدة  
المعابد

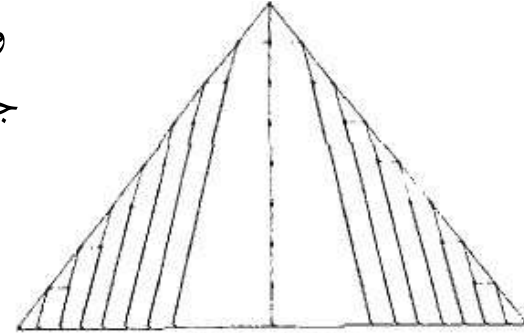


(\*) نفس أبعاد حجر زوسر

مثلاً هو عليه الحال في هرم أوناس، الرّغبة في بناء غرفة الدفن أعلى من مستوى الأرضيّة و أقرب الى قلب الهرم دفع بالمخّططين الى اللّجوء الى استعمال الحطام من أجل اعادة توزيع أفقيّة لقوى الضّغط الكبيرة للكتلة الماكثة أعلاها و هذا نظام فعّال للغاية في حال الزّلازل

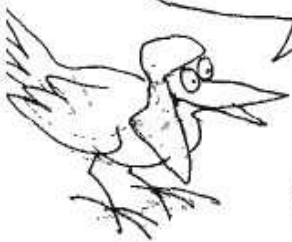


و لكن فكرة وضع الغرفة في مكان أعلى جعلهم يركّزونها على دعامة مركزيّة و هذا ما أنتج نموذج الدّرجات المدعومة

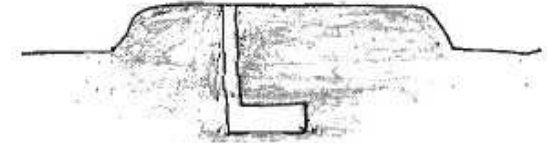


يعتقد الكثير من الخبراء و المختصين أنّ المخّططين القدامى (2200-2700 قبل الميلاد) كانوا يعملون اعتماداً على مبدأ التّجربة و وعيهم بأهميّة المقاومة للزّلازل مكّنهم من انشاء بناء دائم و كانوا على معرفة دقيقة بما كانوا يريدون بلوغه فوجدوا حلاً متطوّرة، أصيلة و مبتكرة على جميع المستويات

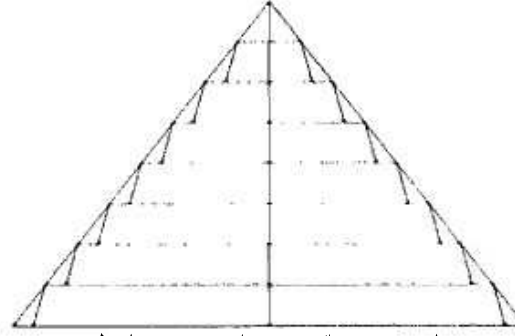
و لكن لا أحد كان يتوقّع أنّ دوام هرم قد يعتمد على اختيار حجر من نوع رديء في البناء



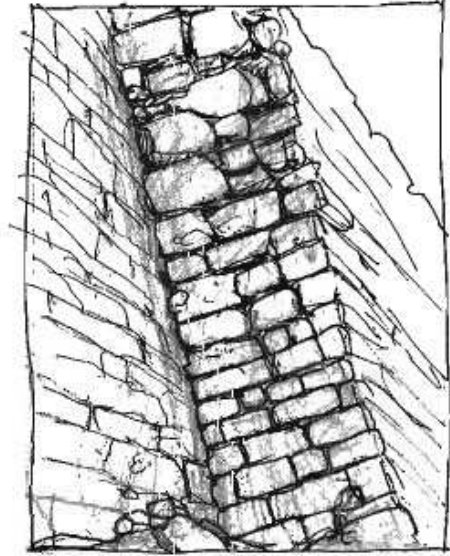
و لكن فكرة بورشاردت لم تتأصل, و مع الوقت بدون  
تبريرات و بتناقض مع الملاحظات على الميدان تجذّر المبدأ  
الذي على أساسه فان الأهرامات المستوحات من المصطبة  
التي سبقتها الى الوجود لم تكن الا تراضاً للمصطبات



مصطبة



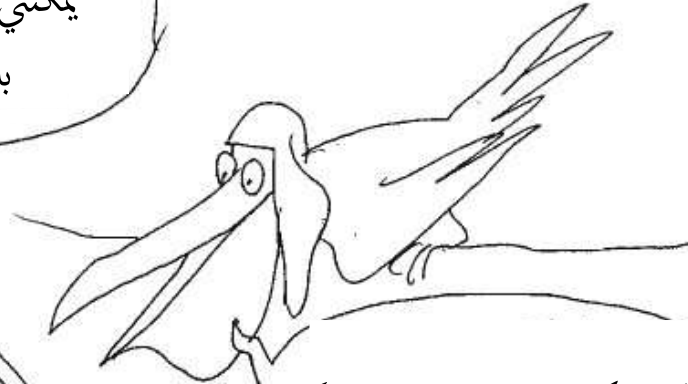
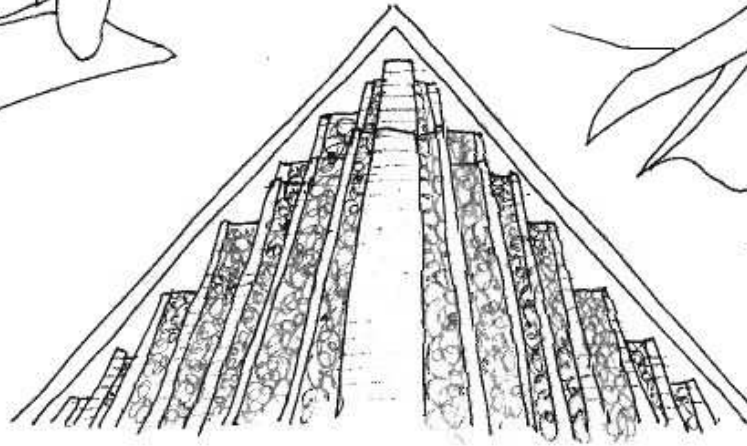
درجات متوضعة على بعضها البعض



طبقة تراكمية بنسبة ميلان  
كبيرة في هرم زوسر



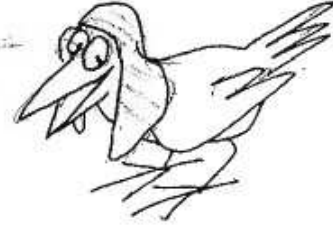
مليونين و خمسمئة ألف حجر لخوفو؟  
يمكنني خفض العدد بشكل معتبر  
باستعمال الحطام الكبير



لنأخذ فكرة بورشاردت مجدداً  
مع هيكل من حجر و حشو  
من حجر المحجر

هذا ينطبق مع ما رأيته في حلمي ( ص 48) هذه المربعات المتراكزة مصنوعة من حجارة  
محجرة الجيزة بحيث أنّ أوجهها الأفقيّة تتداخل تماماً مع بعضها و هذا ما يسمح بفضل  
الاحتكاك الشّديد بمواجهة قابليّة الكتلة للانتشار، بالتالي يكفي تحريك الحجارة نحو المركز  
في كلّ سطح جديد

و لكن حشوك سيتكوّم و  
لن يكون مستقرّاً



لن يحدث ذلك اذا وضعنا الجبس بالتدرّج لملء الفراغات و جعل هذا الوسط  
الغير متجانس غير قابل للانضغاط

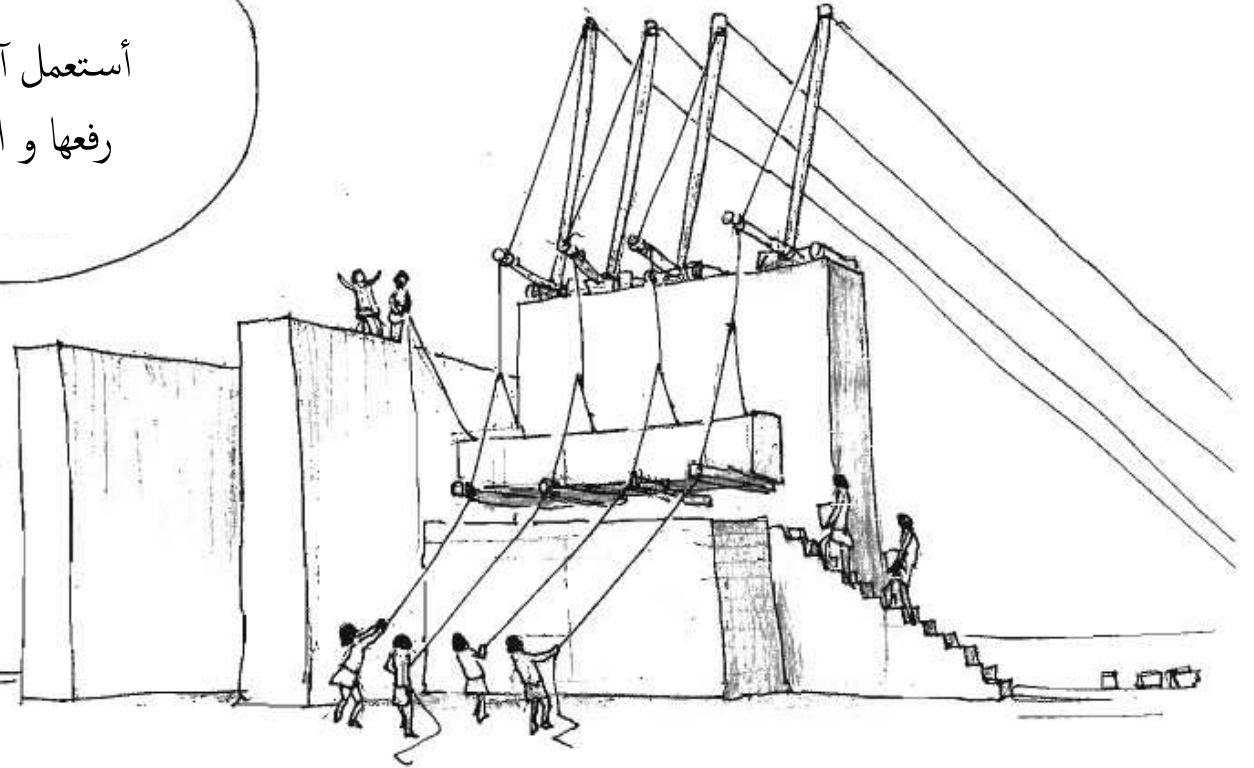
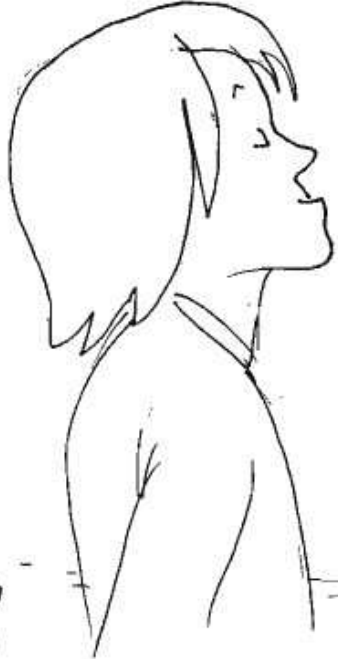
سنقوم بالشيء الممكن حالياً، أمّا  
المستحيل فسنطلب له أجلاً



لا يكمن الأمر  
في رفع الحجارة فقط، كيف  
لك تحريكها أيها العالم؟



أستعمل آلة الجرّ في  
رفعها و الدعامات



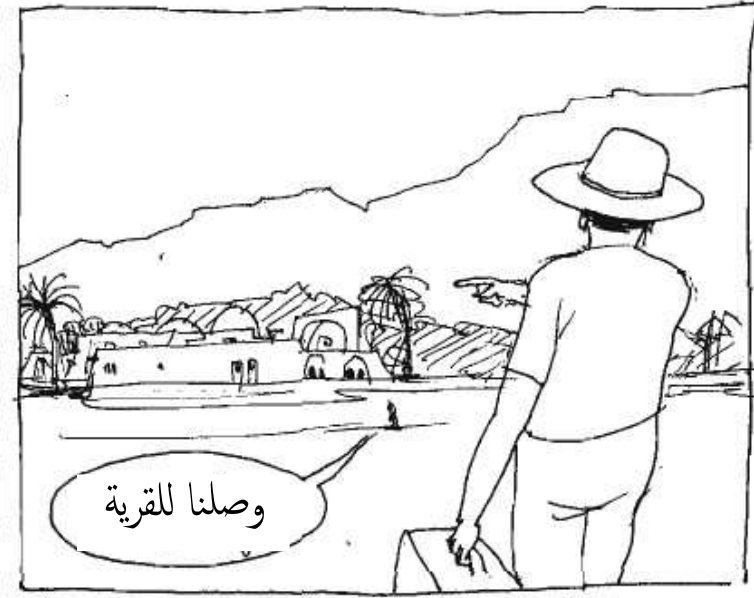
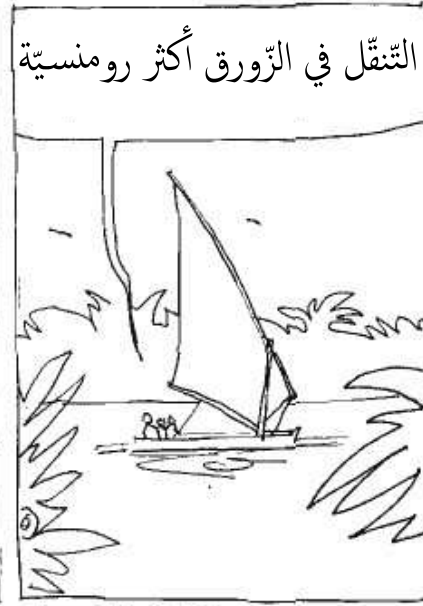
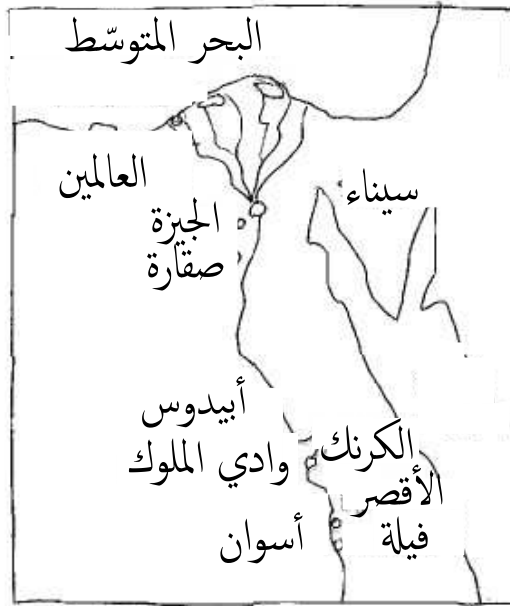




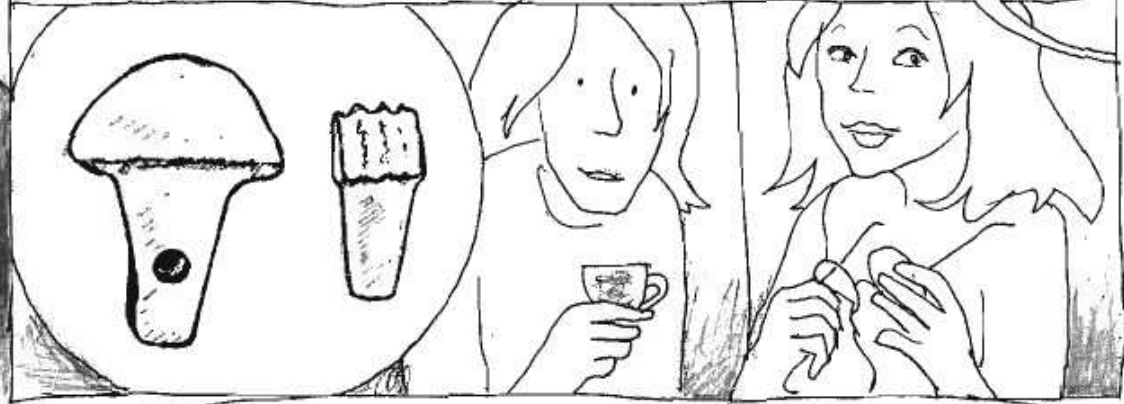
أظنّه علينا عرض هذا على أنطوان



لقد دعانا الى الأقصر منذ وقت طويل, لنحزم حقائبنا و نذهب اليه



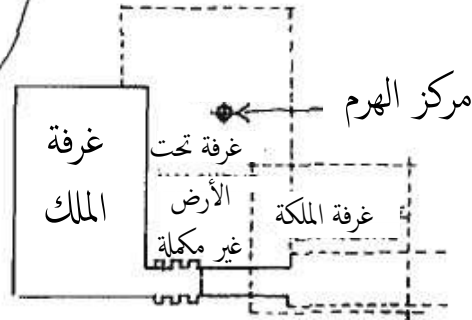
الآلة الموصوفة من طرف أنسلم موجودة حقيقة و هي من البازلت تستعمل للحفاظ على الجبال و قد اكتشفت سنة 1932 في الجزيرة من طرف سليم حسان بالقرب من هرم الملكة خنتكاوس




لقد نظرت في الملاحظات التي أرسلتها لي


لقد تفقدنا ذلك عدا عندما تكون الغرفة تحت الأرض فأنها خارج المركز في كل الأهرام

المنحدر الحجري فكرة ذكية، و قد رأيت أنك تبنيت فكرة الدعامه المركزيه و لكن كيف تفعل لوضع غرف هرم خوفو

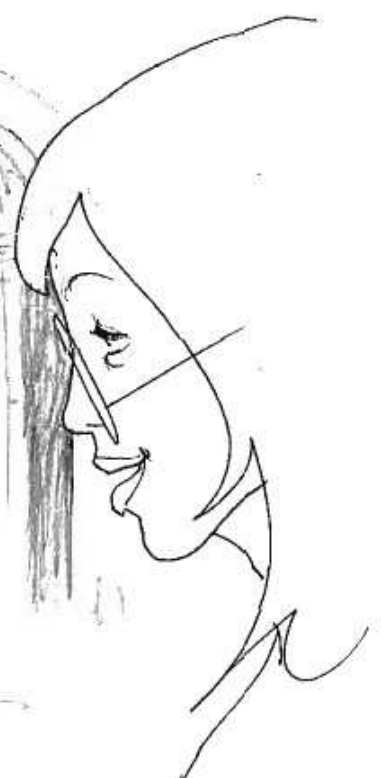




الأحجار المشثية الشكل؟ أنا أرى أنّها بالأحرى بقايا عمل تقطيع العمّال على الأرض، و لكنّ هذا يبقى رأياً أحترمه، و أجد أنّ الأسهل تصوّر عمليّة تنظيف من الأعلى أمّا بالنسبة الى الحجارة الجانبية فإظنها هنالك بفعل الزّمن، فالحجارة ليست مستقرّة و متجانسة كما تظنّ فهي مقطّعة مسبقاً و لكنّها ذات نتوءات يجب صقلها عند نهاية البناء



أمّا بالنسبة الى غياب الأجر المجرّف فيجب العلم أنّه بغضّ النظر عن اختلافه عن البقايا كبيرة الحجم فأنّه قابل لاعادة الاستعمال و هذا ما نُجرّبه هنا في الكرنك



أصدّقك يا صديقي فلا أحد يعرف الحجارة أفضل منك و لهذا قصدناك

سيأخذنا أنطوان الى موقع العمل غداً، يقول أنّ هنالك شيئاً مهمّاً سيرينا اياه

فيما يتعلّق بقطع نقاط التلاقي فإنّ الفكرة قديمة و تعود الى القرن التاسع عشر مع بيتري و شوازي و لمعرفة أكثر دقة أردت التجربة بقطع من حجارة رملية



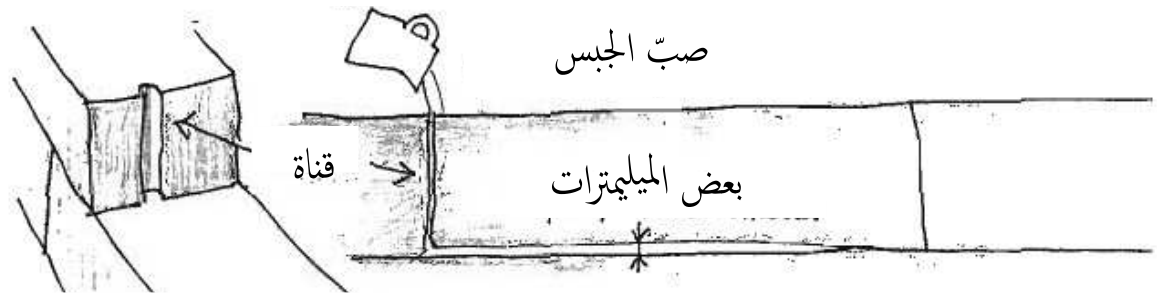
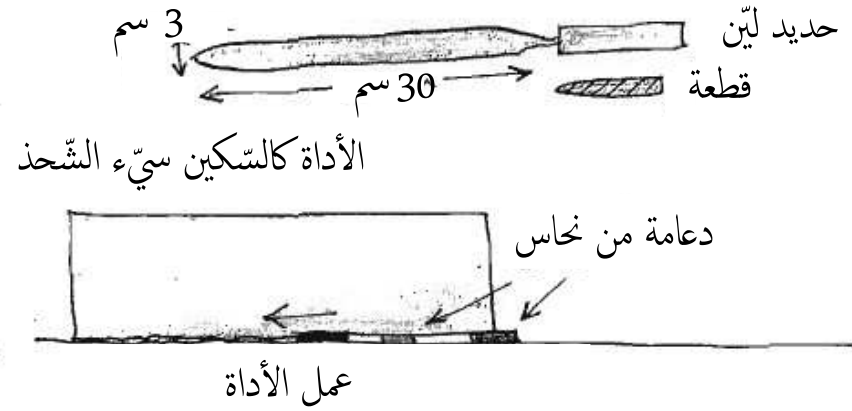
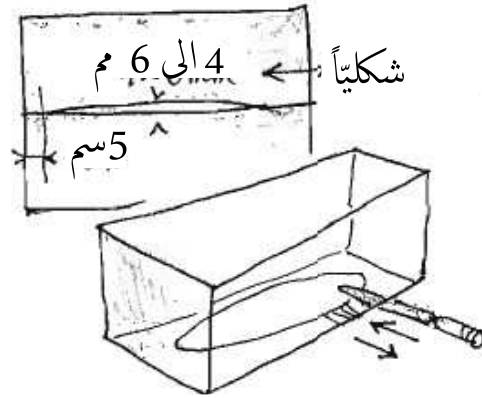
الحجر الرملي صخر ناتج عن تكثف  
80 بالمئة من حبيبات السيليكيا و  
الاسمنت الكلسي فهي بالتالي  
تحوي كاشطها الخاص



على مرّ الزمن و حتى في مصر القديمة نلاحظ أنّ الحجارة ملصقة بشدّة الى درجة استحالة تمرير شفرة حلاقة بينها بالاضافة الى كون حوافها متموجة, في القرن التاسع عشر افترض علماء المصريات أنّ تلك المفاصل قد شكّلت عن سابق تيّ. لقد ركّز أنطوان عمله على مباني حديثة (عهد عائلة بطليموس من 300 الى 30 قبل الميلاد), لقد أثبتت الخبرة وجود دلائل عن استعمال ادوة كالمشار أما الحجارة الأخرى فلم تُصقل على جميع وجوهها و إنّما فقط على محيطها بحول 3 الى 5 سم من العمق و الباقي من السطح كان يُصقل بشكل خفيف للغاية. فقد كانت تُحفر في الوجهِين المرئيين من تقعدرات عمقها بين 3 و 4 مم و بدا يُنشر طرفي القطعتين. في الحجر الرّملي, تتفرّق حبيبات السيليكات عن بعضها البعض مع العلم أنّ الأداة تقطع مسافة 4 سم في الدّقيقة و توضع دعامات النّحاس بالتدرّج.

عندما يتمّ العمل نزع الدّعامات فتتصل القطع ببعضها بدقّة و عبر قناة ناتجة عن هذا الفعل نصّب الجبس ليملأ الفراغ فيصير الاتّصال تاماً و كاملاً على كلّ الأوجه المعنيّة

تعرّج نهائيّ ببعض ميليمترات فقط يكفي لضمان ثبات القطع الحجرية







أرى أنك استعملت  
الحديد اللين

الفكرة تعتمد على إعادة  
بناء ما كانت عليه العادة  
في الماضي



لوجدنا مناشير الخشب و -  
لكن مناشير الحجارة منعدمة


و جدنا فقط حوالي اثني عشرة من  
أشرطة التحاس اللين داخا القبور



لا يوجد التحاس اللين فقط كونه نقياً فالمعادن النقية لها  
صفات ميكانيكية أضعف من المعادن ذات الشوائب, و  
قد كان للمصريين نحاس مختلط بالآرسنيك بصفات  
ميكانيكية أقرب الى البرونز

مناشير ذات أسنان من هذا التحاس قد استعملت ربّما في قطع الحجارة  
المصنّفة كحجارة ليّنة و من بينها الكلس






أما مع الحجارة القاسية كالغرانيت فنستعمل معها  
مناشير من دون أسنان بحيث ينتج التّحاس  
بقطعها غباراً كاشطاً



نعلم أنّ المصريين القدامى كانوا يحفرون  
ثقوباً باستعمال أنابيب التّحاس و  
المواد الكاشطة

هذا الأنبوب منشار  
مُلتويّ

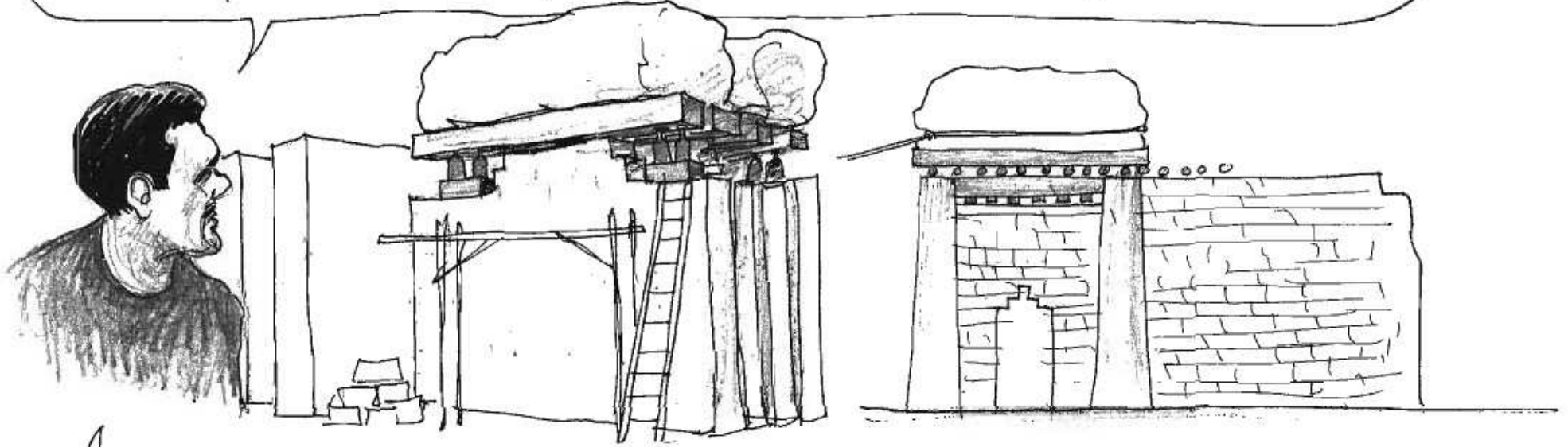


سأريكم شيئاً يُعجبكم, تعلمون أنّا في الكرنك نُمضي الكثير من وقتنا في  
الحفريات. أنظروا الى الحجرين المكوّنين لسقف معبد توتومزيس الثالث هذا  
(فرعون في حوالي 1450 قبل الميلاد), إنّ كلّاً منهما يزن اثنين و سبعين  
طنّاً, لكم أنّ تُصدّقوا أنّها قد رُفعا الى هناك

باستعمال الرّافعة؟



رافعتنا في الكرنك لها قدرة قصوى في رفع ثلاثة و عشرين طناً و كو في أحبّ التّحديات فقد حاولت أن أعرف ان كان في امكاني رفعها  
باستعمال رافعة هيدروليكيّة, دعامات من الخشب و الحجارة



ماستعملنا المناوبة في الرّفْع بالرافعات الهيدروليكيّة, الدّعامات الخشبية و قاعدة حجريّة لوضعها و رفعها بالتدرّج. عندما بلغنا 4,25 متراً  
من العلو و وضعناها على لفة و دائماً باستعمال الرّافعات أنزلناها على القاعدة و في الأخير فككنا كلّ التّركيبات البنائيّة

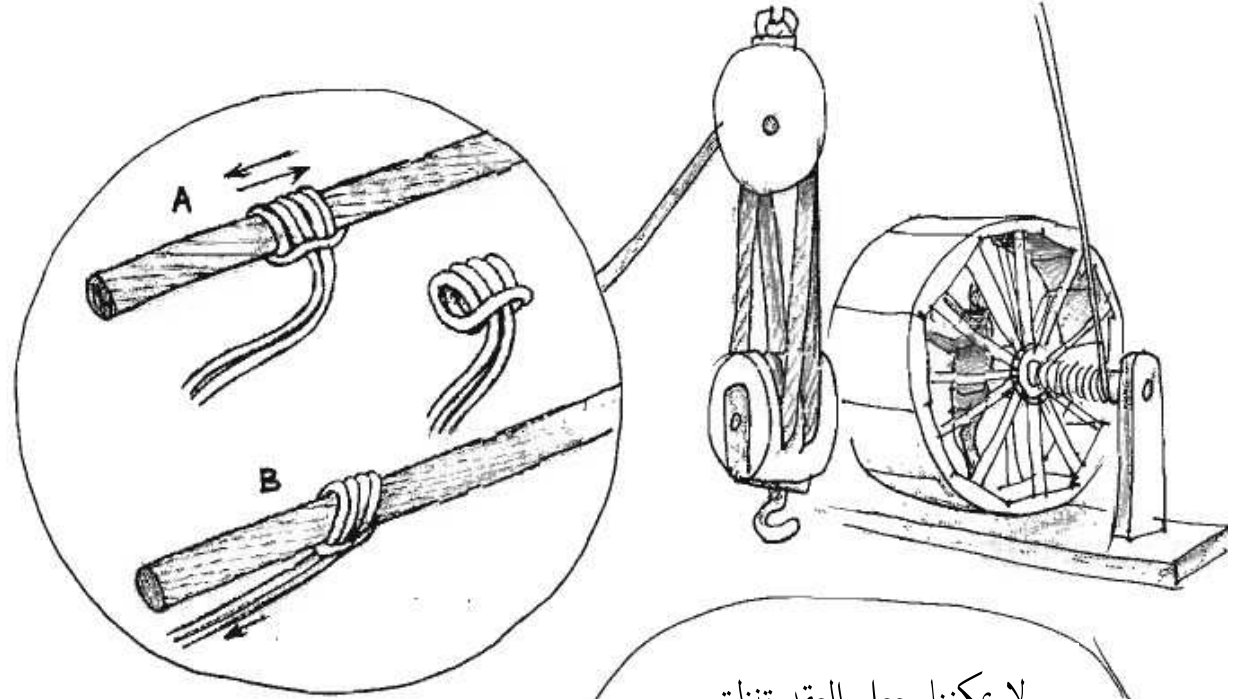


جيد جداً، و لكن هل فعل  
الفرعون نفس الشيء دون  
رافعات مائيّة

حسناً، منحدر من  
الآجر المجوّف، حبال و  
عمّال

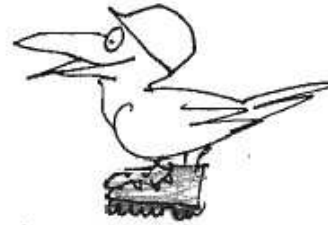


كانت لليونانيين و الرومان كل أنواع الآلات, و ننسب  
اختراع القفاز لأرخميدس فما الذي نعرفه عن آلات مصر  
القديمة؟ لم نجد إلا بعض الأنواع من الأدوات المستعملة  
في صقل الحجارة, أمّا بالنسبة للأثقال الكبيرة فهناك  
حلّين, العمل باستمرار مع زيادة القوة أو بتناوب كما فعل  
أنطون و لعدم وجود معدن صلب استعملوا نظام  
الحبال ذات العقدة التي أصبحت الحلّ الوحيد



هذا ما يستعمله متسلقي  
الجبال

لا يمكننا جعل العقدة تنزلق  
بالسحب : سينقطع الحبل من  
قبل ذلك





نمذجك مهم للغاية , يُشكّل لغزاً جميلاً و لكن ينقصه  
شيء ما فحجارة الأهرام بعيدة من أن تكون منتظمة  
هكذا أما الميلان المستمر فقد يختلف في علّوه بمعدّل  
واحد الى ثلاثة. و هذا حسب العرق الذي  
استخرجت منه. يلزمك نظام دقيق لايجاد معالم توضع الحجارة

سفرٌ موفقٌ لكما



كنت أفكر فيما قاله أنطوان عن مشكلة معالم  
الحجارة، ألا تريد العودة الى ذلك العالم القديم  
من أجل...!

توقفي عن هذه  
التفاهات من  
فضلك

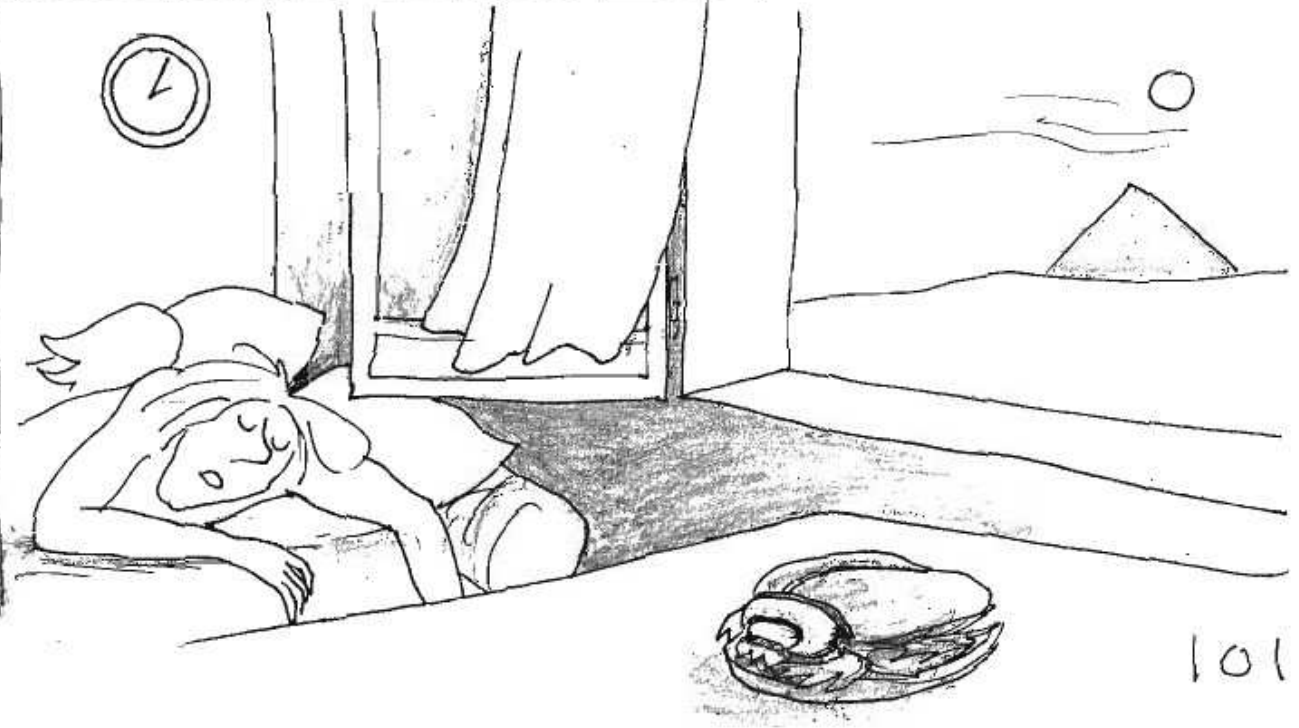


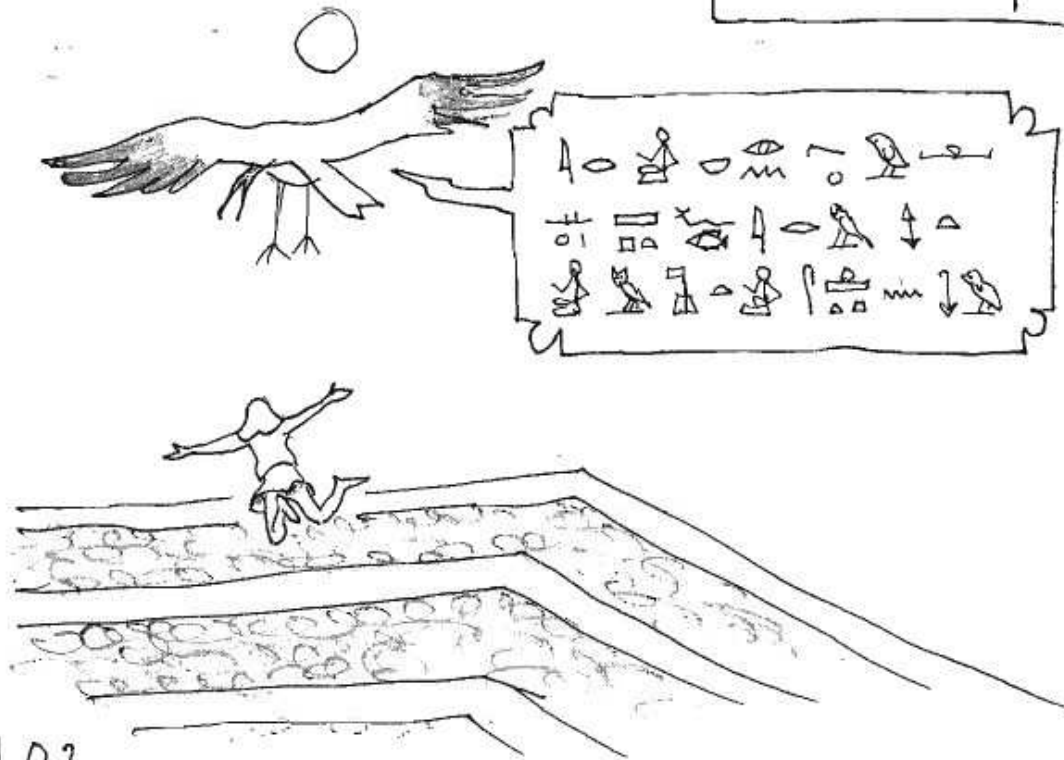
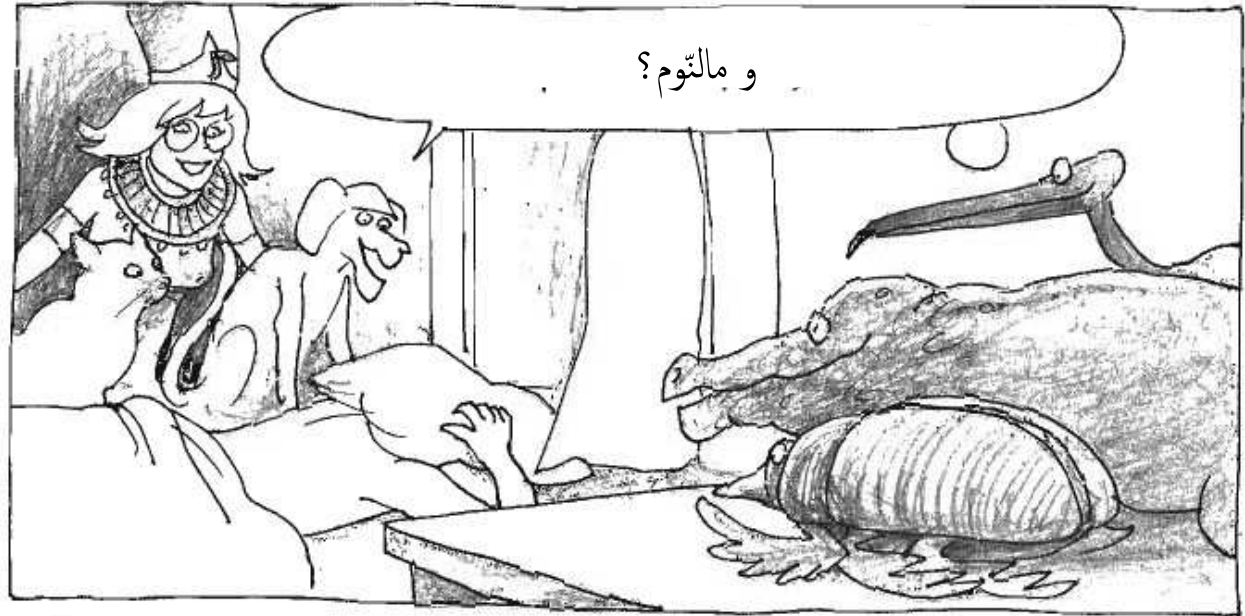
كنت أتحدّث في صالح المصريات



من الجيّد أنّكم عدتم الى القاهرة لأنّكم نسيتم شيئاً عن مغادرتكم







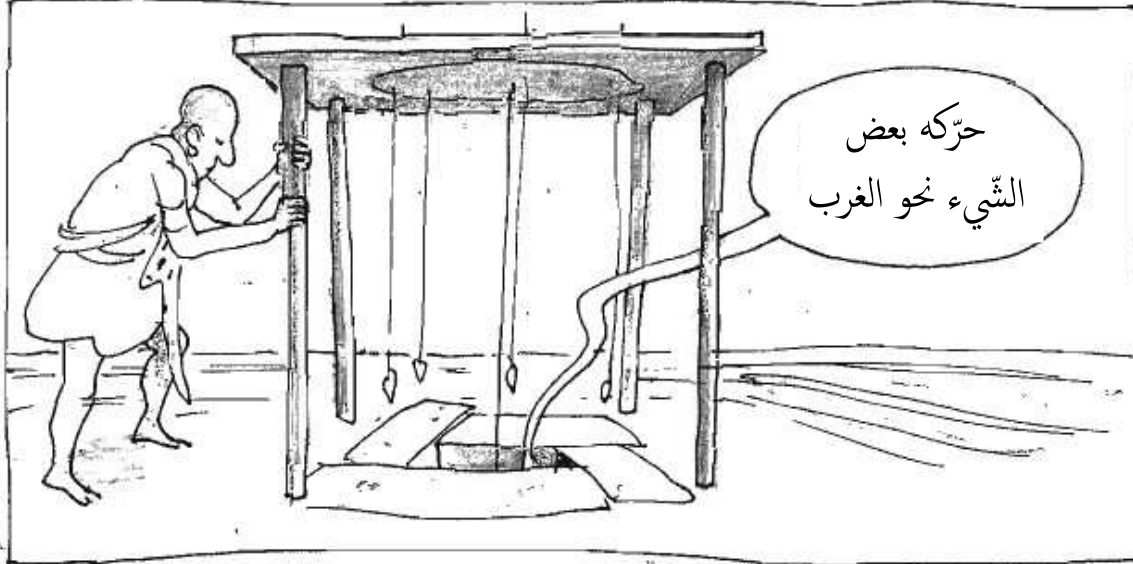




معالم الحجارة من هنا



وضّح للرجل على السطح وضع  
خيطة الرصاص بدقة



حرّكه بعض  
الشيء نحو الغرب

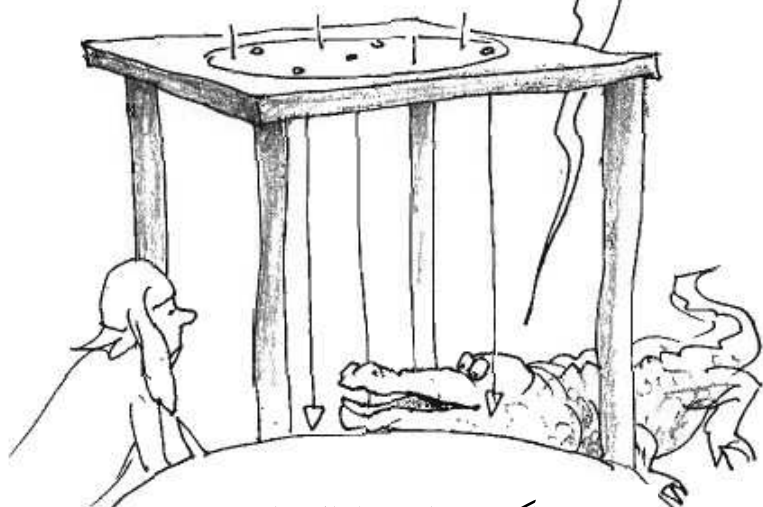


و الآن نوجّه هذه الطاولة المتحرّكة بمساعدة هذه  
القضبان مع اتّخاذ معلم ما على بعد كيلومترات و  
اظهار جهة الشمال (\*)

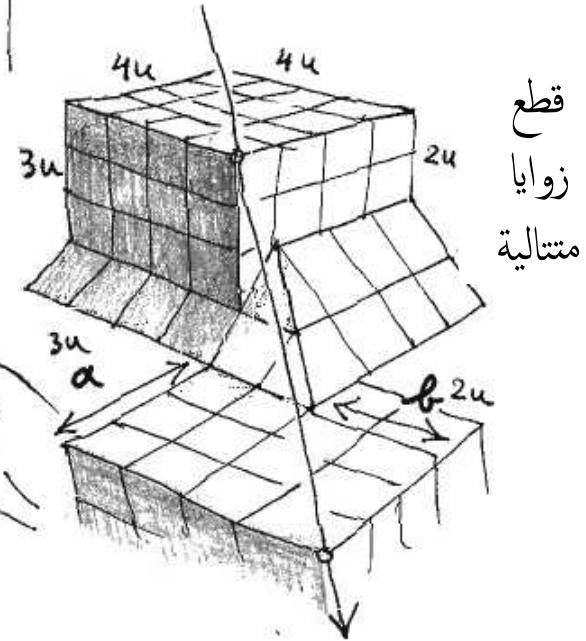
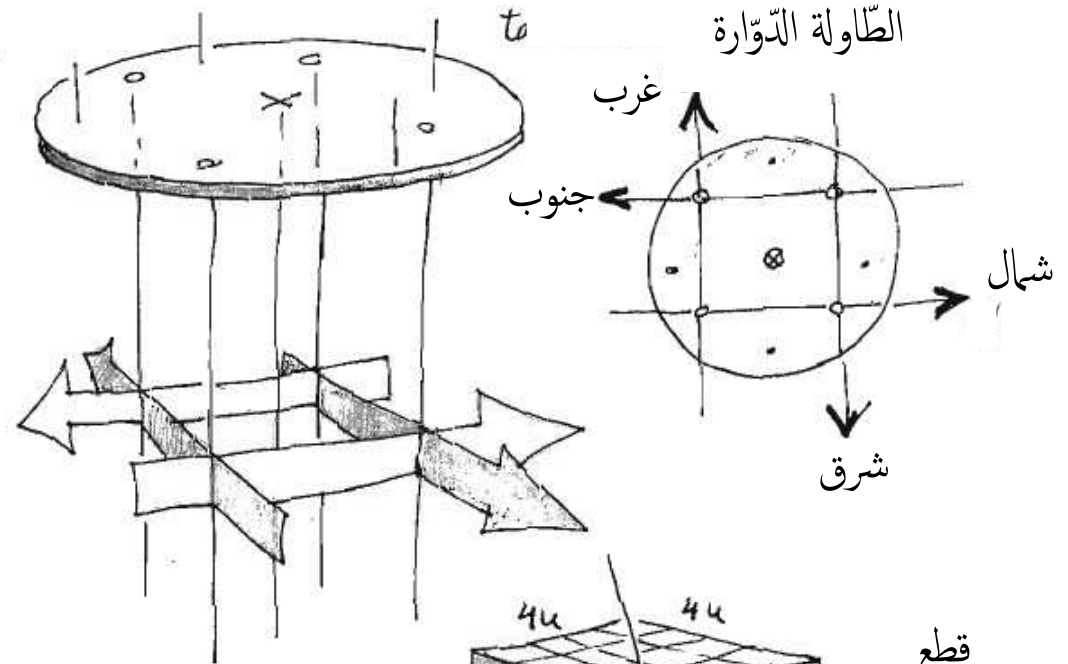
مع هذا لدينا محور الهرم بفضل علامة مرسومة على السطح  
الحجري

(\*) صاحب الفكرة هو عالم المصريات جورج قولون

ثم نستعمل الخيوط المزودة بأثقال المثبتة على الطاولة المتحركة حيث أنّ كل اثنين منهم يشيران الى جهتين من الجهات الأربعة الأساسية: الشمال، الجنوب، الشرق و الغرب



و لكن جهات المعالم هاته لا تقطع محور الهرم



قطع زوايا متتالية

حتى لو أنّ الميلان يبين بعض العشوائية، فمن كانت قطع الزوايا موضوعة بترتيب فوجود المعلم يصبح ممكناً اذا حدّدنا أماكن زوايا القطع بدقة في الفضاء



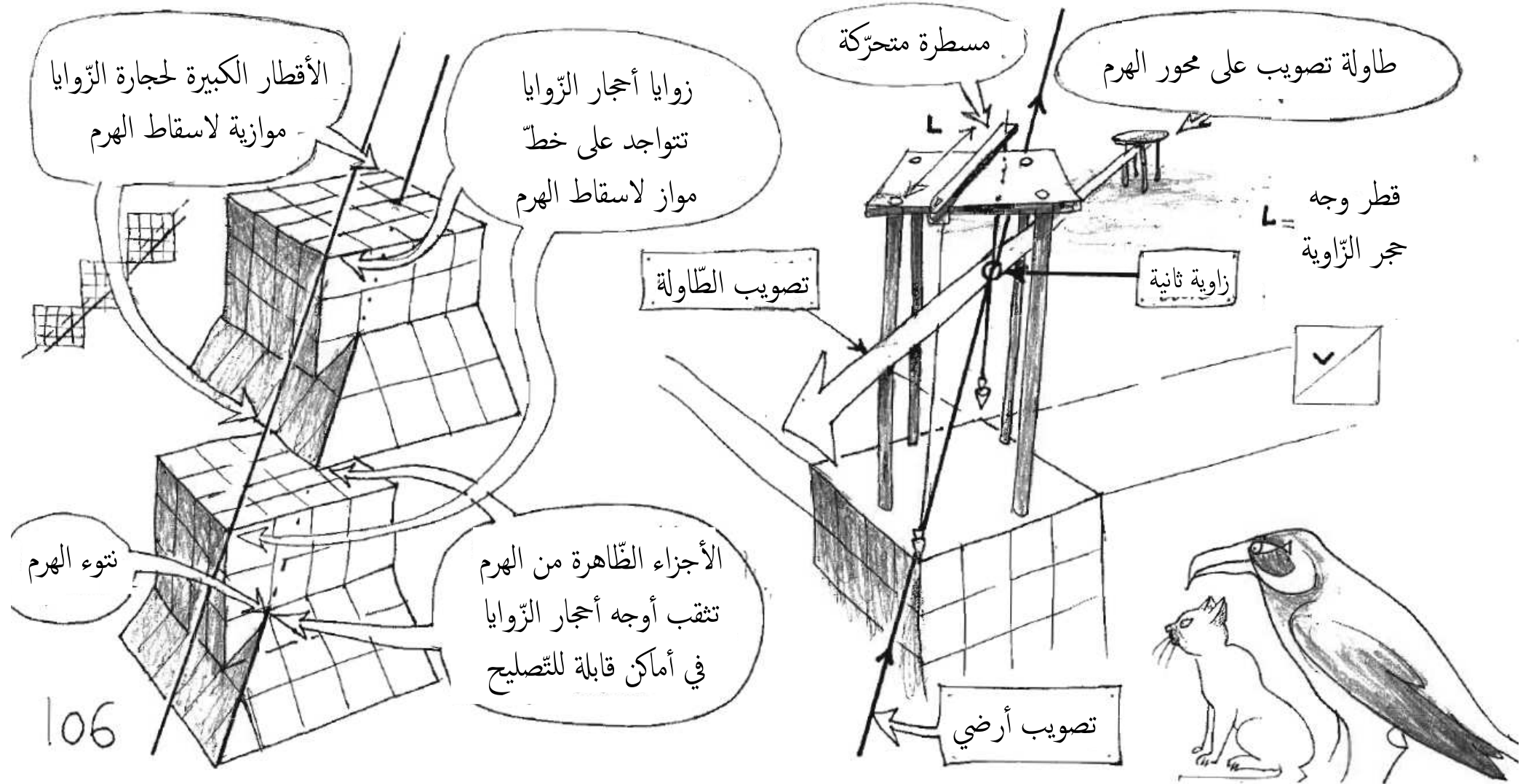
طبعاً اذا عرفنا بدقة وضع زاوية القاعدة يمكننا استعمال تلك المعلومة لوضع الحجر الجانبي في أقرب موضع ممكن

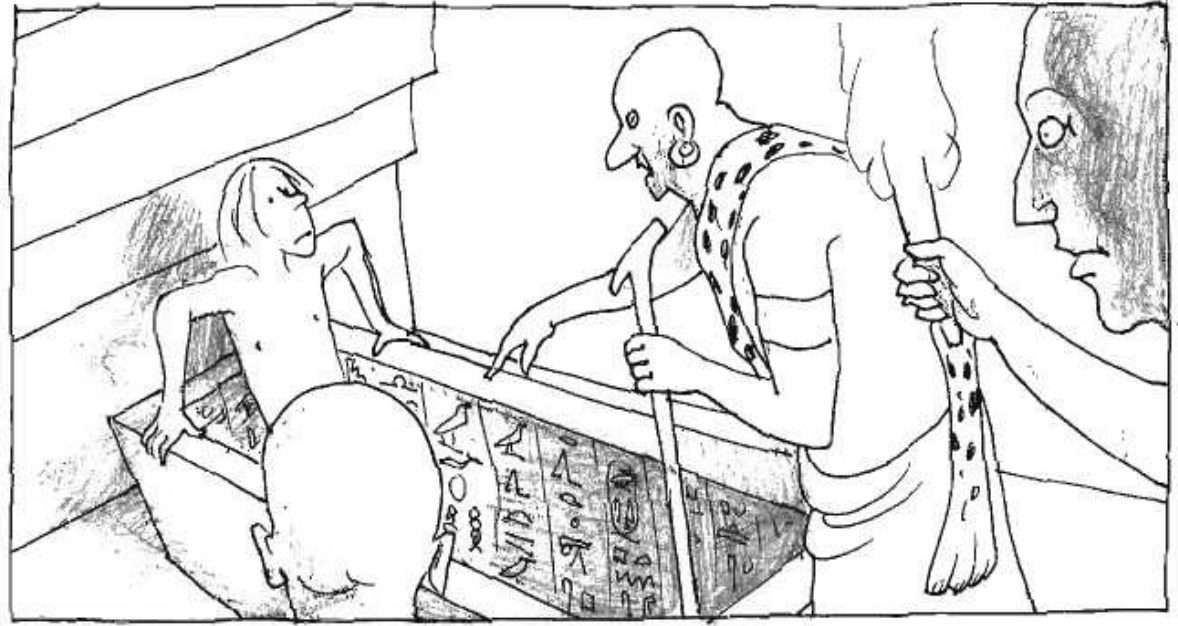
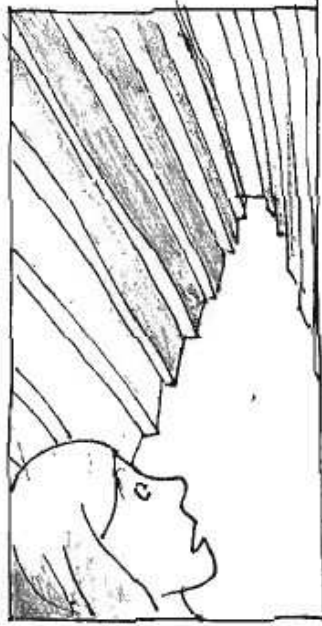
المهم أننا شيئاً فشيئاً يمكننا وضع الزوايا بدقة أكثر بالنسبة للأرضية و ليس بالنسبة لبعضها البعض و الأكثر الأخطاء

يمرّ توجّه المركز عبر القواعد المتتالية

هذا يعطينا توجّهاً للتصويب  
و لكن يلزمنا غيره

طاولة تصويب كتلك تساعد على التّموّج بدقّة كبيرة لأيّ نقطة من المخطّط المحتوي على حجارة الزّوايا بشرط أن تكون هذه الأخيرة مصطّقة و على بعد متساو. أقطار الأوجه العلويّة لحجارة الزّوايا موازية لاسقاطات التّنوءات على السّطوح و أقطار حجارة الزّوايا متوازيات السّطوح موازية لاسقاطات الهرم





ان أردت العيش  
فعليك أن تموت



سنعود في أربع و  
عشرين قرد رباح



ما بك يا أنسلم أولاً تتكلم لوحدهك ثم  
تصرخ قائلاً كم يساوي 24 قرد رباح

هاهاها

سأروي لك كل شيء

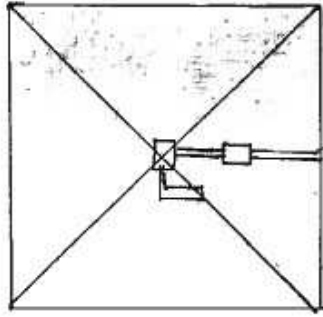
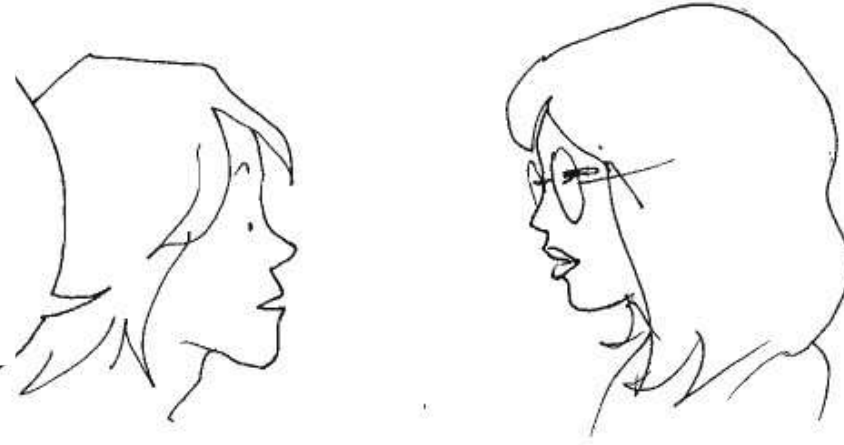
قلت أنّ السّقف كان كشكل الزّاوية الحادّة  
بتجويفات و هذا ما يسمّى بالطّنف الذي يتحمّل  
كتلة هائلة من الحجارة المتوضّعة في الأعلى

حسب قولك فإنّ هذا متواجد في الدّهشور أمّا في الهرم  
الأحمر أو في هرم ميدوم

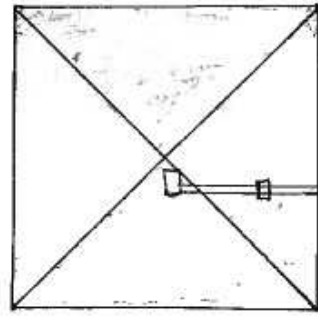
قلت أنّهم وضعوك في الثّابوت لتبقى  
هناك لمُدّة أربع و عشرين قرده رباح

رغم وجود عدد معتبر من التّوابيت داخل الأهرام إلا أنّ البعض يشكّ في كونها قبوراً كوننا لم نجد  
أبداً بقايا تُثبت ذلك و حلم أنسلم قد يعني أنّها كانت أماكن استهلال

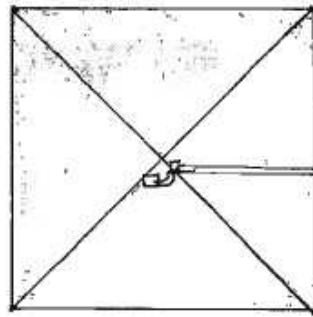
أتعلمين يا صوفي، اني أفكر في شيئين، أولهما ان كان هناك  
بئر محوري في الأهرام و هذا يشرح وضع الغرف خارج  
المحور ان لم تكن تحت أرضية



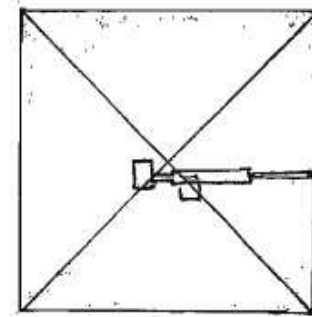
منقرع



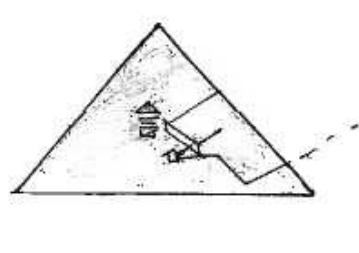
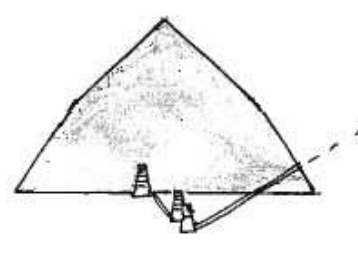
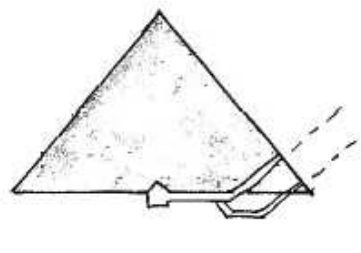
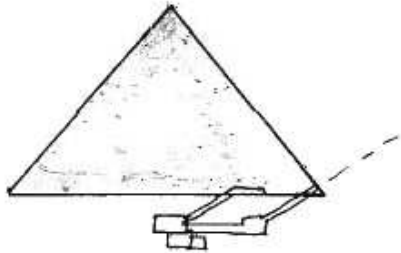
خفرع



سنفرو

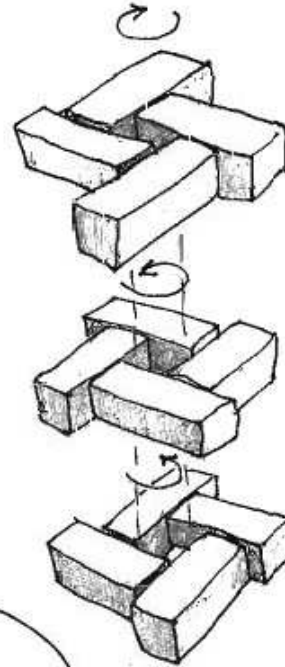
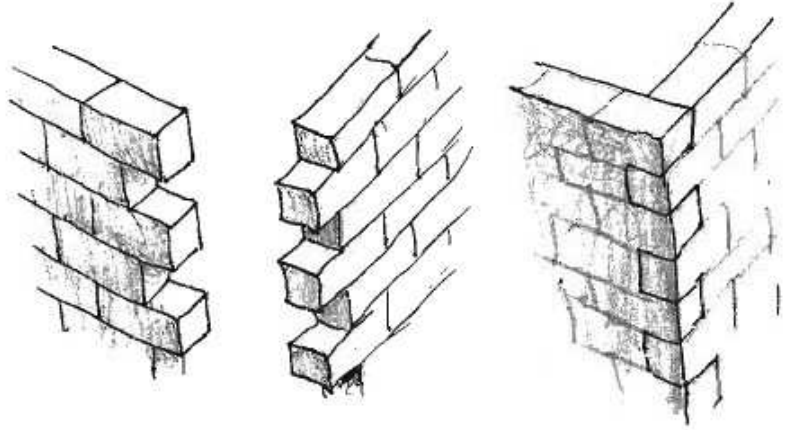


خوفو



كلّ مخارج الهواء موجهة تقريباً نحو نفس الزاوية ما يسهّل جلب الضوء عبر المرايا

في زاوية الحائط نلاحظ وجود حجارة لزيادة صلابة البناء



لضمان صلابة البئر و تجنب  
انسداده فيصبح من دون  
جدوى في حال الزلازل و هو  
شيء كارثي كان يجب وضع  
الحجارة كالتالي



فماذا يعني وضع الحجارة هذا في  
قمة هرم خوفو؟ (\*)

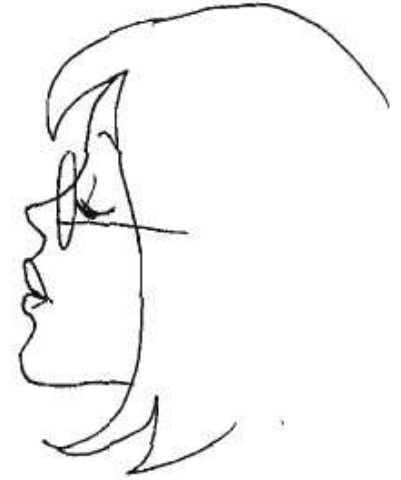
(\*) نرغب بكل صورة ملتقطة بواسطة طائرة من دون طيار



كلّ هذا يجب نقد انطوان فيما يتعلّق بالمعلم السنتمتري للحجارة و هذا  
يعني الدخول من الأسفل و الآ اختنق الذي يشتغل على خيط  
الرّصاص



الغريب في هرمي خفرع و خوفو هو أنّه  
يظهر أنّ لهما مدخلاً قد أُغلق و هو على  
ارتفاع أمتار من الأحجار القاعدية



النهاية





يَتَّبِعُ