الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التربية الوطنية

الهندسة المدنية

2

السنة الثانية من التعليم الثانوي

شعبة تقني رياضي فرع هندسة مدنية

المؤلفون

عزّي كريم

بسطانجي عبيد هندة

غالم ليلى

صغيري غنية

تحت إشراف

بوطالبي محمد الشريف

مقدمة

يعتبر الكتاب المدرسي إحدى الوسائل التربوية المستعملة في مجال التعليم لتنمية قدرات، مهارات و كفاءات المتعلّم .

وهذا الكتاب المدرسي موجه لتلاميذ السنة الثانية من التعليم الثانوي شعبة تقني رياضي فرع الهندسة المدنية و هو مطابق لمنهاج مادة التكنولوجيا لهذا المستوى و هذه الشعبة.

يرمي هذا الكتاب إلى تنمية ثقافة و معارف القارئ في مجال البناء و رفع مستواه كما يهدف إلى توفير مرجع علمي يساعد المعلّم و المتعلّم على تجاوز الصعاب التي تواجهه في هذا الميدان كونه يقترن عموما بالميدان التطبيقي.

أخيرا نتمنى أن نكون قد وفقنا في إنجاز مرجع ثري بالمحاور التي تعرضنا لها، شامل للاحتياجات الدراسية يتماشى مع المنهاج و مستوى المتعلمين ، كما لا يفوتنا الترحيب بكل الانتقادات البناءة و الاقتراحات لتحسين و إثراء هذا المرجع .

المؤلفون

الباب الأول

و فصوله أربعة

عموميات في مجال الهندسة المدنية
دراسة الأرضية
المواد
المنشأ السفلي

الفصل الأول

عموميات في مجال الهندسة المدنية

مدخل إلى الهندسة المدنية

تعريف الهندسة المدنية

مختلف منشآت الهندسة المدنية

المتدخلون في البناء

هيكلة مقاولة البناء

المتدخلون في البناء

سير عملية البناء

الملف التقني

الوثائق المرسومة

الوثائق المكتوبة

مبادئ عامة في الرسم المدعم بالحاسوب

I – مدخل إلى الهندسة المدنية

1– تعريف الهندسة المدنية

– الهندسة المدنية هي مجموع المعارف و التقنيات المرتبطة بتصميم وتطبيق وتوظيف كل المناهج والمعدات و الوسائل التي تخص ميدان البناء .

– إن مجال الهندسة المدنية شديد الارتباط بالمجالات التقنية الأخرى حيث يقدم لها مواضيع دراسة و بحث لتحقيق طلباته ،ويمدها بخبراته و يستمد منها معطيات و أفكارا ومناهج تفكير ودراسة تعطيه طابعه المميز بتنوعه وشموله .

2– مختلف منشآت الهندسة المدنية

– تصنف منشآت الهندسة المدنية بعدة طرق حيث يتم التمييز بينها وفق ما يلي :

– الانتماء إلى مجال البناء أو الأشغال العمومية .

– المادة الأولية المستعملة : و يقصد بذلك المادة المستعملة في تصنيع العناصر الحاملة في المنشأ .

– الأهمية : فهي متعلقة بعوامل شتى منها حجم المنشأ ، كلفته وعدد مستخدميه .

– مجال الاستعمال : تصنيف يتعلق بقطاع النشاط الذي أنجز المنشأ من أجله .

منشآت الهندسة المدنية

بناء و أشغال عمومية

البنـاء
LE BATIMENT

هي كل المنشآت التي تنجز من أجل إيواء الأشخاص أثناء قيامهم بمختلف النشاطات مهما كانت أهميتها.

الأشغال العمومية
LES TRAVAUX PUBLICS

هي كل المنشآت التي تنجز للصالح العام على حساب شخص معنوي إداري.

المادة المكونة

المواد التقليدية LES MATERIAUX TRADITIONNELS	الخرسانة LE BETON	الفولاذ L'ACIER
مثل الخشب و الحجارة المصقولة التي أصبحت نادرة الاستعمال .	هي المادة التي تتصدر القائمة وبكل أنواعها مثل الخرسانة المسلحة و الخرسانة مسبقة الإجهاد نظرا لخصائصها الميكانيكية العالية ولقابليتها للتشكيل و كلفتها المنخفضة نسبيا .	يخصص استعماله في المنشآت الصناعية والجسور غير أن استعماله يبقى محدودا في مجال البناء لصعوبة تكييفه مع مواد البناء الأخرى وصيانته وكلفته المرتفعة .

الأهمية

منشآت قليلة الأهمية	منشآت متوسطة الأهمية	منشآت كبيرة الأهمية
كالسكنات الفردية والمحلات التجارية الصغيرة	كالعمارات السكنية والمباني الإدارية	كالجسور و جدران الموانئ والسدود .....

طبيعة العناصر الحاملة

هياكل أعمدة و روافد	جدران خرسانية مسلحة	هياكل بأوتاد استقرار
Portiques	**Voiles en béton armé**	**Palées de stabilité**

مجـال الاستعمال

منشآت مفتوحة للجمهور	منشآت غير مفتوحة للجمهور
المساجد ، المسارح ، المدارس ،المركبات الرياضية	المباني السكنية ، الإدارية .....

ملاحظـة :

يجب إدراك كون التصنيف المتعلق بالمادة المكونة غالبا ما يقصد به المادة المستخدمة في إنجاز العناصر المقاومة .فمن الممكن جدا أن يعرض ظاهر المنشأ حجارة مصقولة ليست إلا عناصر تجميل ، بينما تكون العناصر الحاملة التي لا ترى من الخرسانة المسلحة ، ويكون المنشأ بذلك مصنفا ضمن المنشآت الخرسانية المسلحة .

تطبيـق

1 – لاحظ الصور من **1** إلى **7** المعروضة سابقا ثم صنف

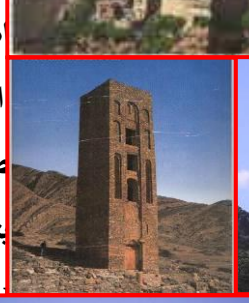
كل منشأ حسب ما يلي :

- الانتماء إلى مجال البناء أو الأشغال العمومية .
- المادة المكونة .
- الأهمية .
- مجال الاستعمال مع توضيح كون المنشأ مفتوحا للجمهور أم لا .

2 – تجول في العالم

ما هي المادة المستعملة في إنجاز المعالم الآتية ؟

- مقام الشهيد بالجزائر العاصمة .
- قلعة بني حماد بالمسيلة.
- La tour EIFFEL بباريس .
- جسر سيدي راشد بقسنطينة
- عملاق RHODES الذي أنجز باليونان في 300 قبل الميلاد تقريبا و الذي يعد من عجائب العالم السبع.
- قصر TAJ MAHAL بشمال الهند الذي أنجز في منتصف القرن السابع عشر .
- الأهرام بمصر .



– المتدخلون في البناء

– لأنه يكفي أن تكون للراغب في أدائه قطعة أرض وأموال كافية ، فيقوم بالبناء الطرفين المذكورين آنفا لا يكفيان في أيامنا هذه للوصول بفعل البناء إلى مرامه صصات كثيرة تحول جلها إلى مهن لا يتقنها ولا يؤديها إلا المتكون فيها ، و هذا تدخل في الملكية والتجارة والصفقات و أمن المنشآت وغيرها يجعل من Interven في فعل البناء و مسؤولة عنه تتميز عن بعضها بمهامها

– يتسلم المنشأ ويصادق على مطابقته للمواصفات

– يستغل المنشأ .

– صاحب الأشغال Maître d'œuvre

و هو أهم المتدخلين في فعل البناء و الطرف الأول الذي يتصل به صاحب المشروع فيكون مكتب دراسات

ديا

ولة

مثلا و هو :

– يدلي برغبته في البناء .

– يوفر الأموال اللازمة .

أو مقاولة أو مصلحة تقنية عمومية . فمن مهام صاحب الأشغال ما يلي :

- تصميم و تمثيل و وصف وتقييم المنشأ .
- تنسيق الدراسات التقنية الملحقة .
- التكفل بالإجراءات الإدارية .
- إدارة الأشغال .

– المقاول L'entrepreneur

إن لم يكن أحد الطرفين سابقي الذكر فيتلخص تدخل المقاول في البناء فيما يلي :

- إنجاز الأشغال .
- توفير الوسائل المادية و الموارد البشرية ،
- التموين بالمواد الأولية .

– التقني المختص Le technicien spécialisé

هو كل من يقوم بدراسات تقنية أو مالية أو إدارية ويكون اختصاصيا في مسح الأراضي أو مكتب دراسات مختصا أو اقتصاديا في البناء أو غيرهم يطلب منهم إعداد ما يلي:

- مخططات تنفيذية **Plans d'exécution**.
- مدونات حسابات **Notes de calcul**.
- كشوف **Devis** .

– المراقب التقني Le contrôleur technique

يمثل المراقب التقني الدولة ، ويتدخل بطلب من صاحب المشروع للتحقق من صلابة المنشآت و أمن الأشخاص.

– المصلحة العمومية Le service public

هي الطرف المتمثل في المصالح العمرانية و مصالح الكهرباء والغاز والمياه وكذا التطهير التي تنتمي عموما إلى البلدية .

II – هيكلة مقاولة البناء

المقاولة هي "عمل تجاري أو صناعي " يتجسد في وحدة اقتصادية للتبادل أو الإنتاج ، فهي مجموع العناصر البشرية والمادية المنظمة والمهيكلة من أجل القيام بمهمة معينة أو إنتاج ما .

وتختلف المقاولات عموما باختلاف بعض العوامل منها :

الإطار القانوني : حيث نميز بين المقاولات الخاصة والمقاولات العمومية .

قطاع النشاط : حيث نميز بين ثلاثة قطاعات رئيسية هي :

- القطاع الأول : الذي يشمل كل النشاطات التي لها صلة بالطبيعة مثل الزراعة ، الصيد البحري.....إلخ .
- القطاع الثاني : تصنف فيه كل الصناعات التحويلية .
- القطاع الثالث : حيث نجد كل ما هو خدمات مثل النقل والتوزيع والنقد والثقافة .....إلخ .

الحجم : حيث نجد صنفين رئيسيين هما :

- المقاولات الصغرى والمتوسطة PME التي لا توظف أكثر من 500 عامل .
- المقاولات الكبرى التي توظف أكثر من 500 عامل .

أما مقاولة البناء

فهي تتميز عن غيرها بهيكلتها الخاصة التي تعود إلى كونها أحد المتدخلين العديدين في فعل البناء. و مكانة المقاولة هي جوهر الأمر لأن المقاولة هي الفاعل الحقيقي في البناء و لأن نوعية العمل و نجاحه الاقتصادي يتوقفان على قدرات وكفاءات المقاولة .

1 – أنماط تدخل المقاولة في فعل البناء

لا يتميز نمط تدخل عن نمطٍ بالفعل نفسه بل بالعلاقات بين المتدخلين ، فنميز نوعين من العلاقات هما :

العلاقات التعاقدية : وهي العلاقات المقيدة ببنود عقد مبرم في إطار صفقة بين طرفين و بموجب هذه البنود يلتزم كل طرف متعاقد بإحضار نصيبه من الصفقة .

صاحب مشروع يلتزم بدفع أموال

علاقة تعاقدية

مقاول يلتزم بإنجاز منشأ

العلاقات العملية : هي علاقات غير ملزمة ترسخ بين طرفين في إطار إنجاز مهمة يسير طرف فيها الطرف الآخر أو ينسقان فيما بينهما .

صاحب أشغال يدير الإنجاز بتوجيه المقاول

علاقة عملية

مقاول يعرض انشغالاته على صاحب المشروع

ملاحظة : إن وجود علاقة تعاقدية بين طرفين لا يمنع أن تكون علاقة عمل في نفس الوقت بينما العلاقة المعروفة بالعملية فإن التبادل فيها لن يكون إلا عملا محضا.

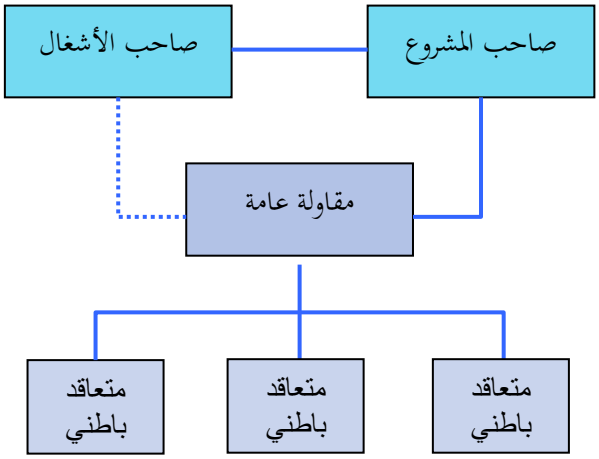
يمثل البيانان أدناه نظرة شاملة على الشكل الذي تتخذه أسرة المتدخلين في فعل البناء وأنواع العلاقات الموجودة بين أفرادها ، و تبنى كل الأنماط الأخرى أساسا

علاقة تعاقدية

علاقة عملية

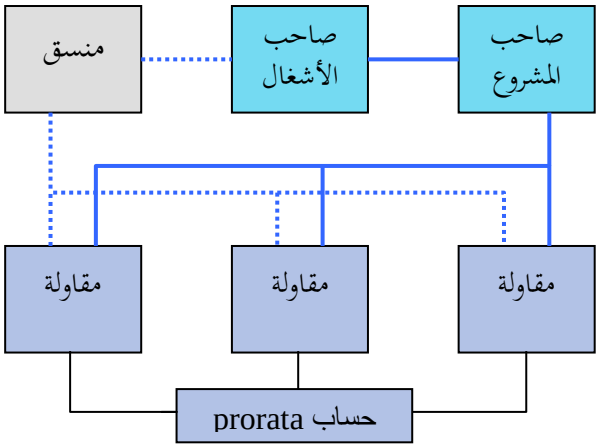
على فكرتي المقاولة العامة والمقاولات المستقلة .

بالمقاولة العامة



في هذه الحالة يولي صاحب المشروع مقاولة واحدة على الإنجاز وتكون بهذا مقاولة عامة ، وبإمكان هذه المقاولة تولية مقاولات صغيرة على إنجاز حصص مستقلة من المشروع .غير أن المقاولة العامة تبقى المسؤول المباشر عن الصفقة بالقرب من صاحب الأشغال .

بالمقاولات المستقلة



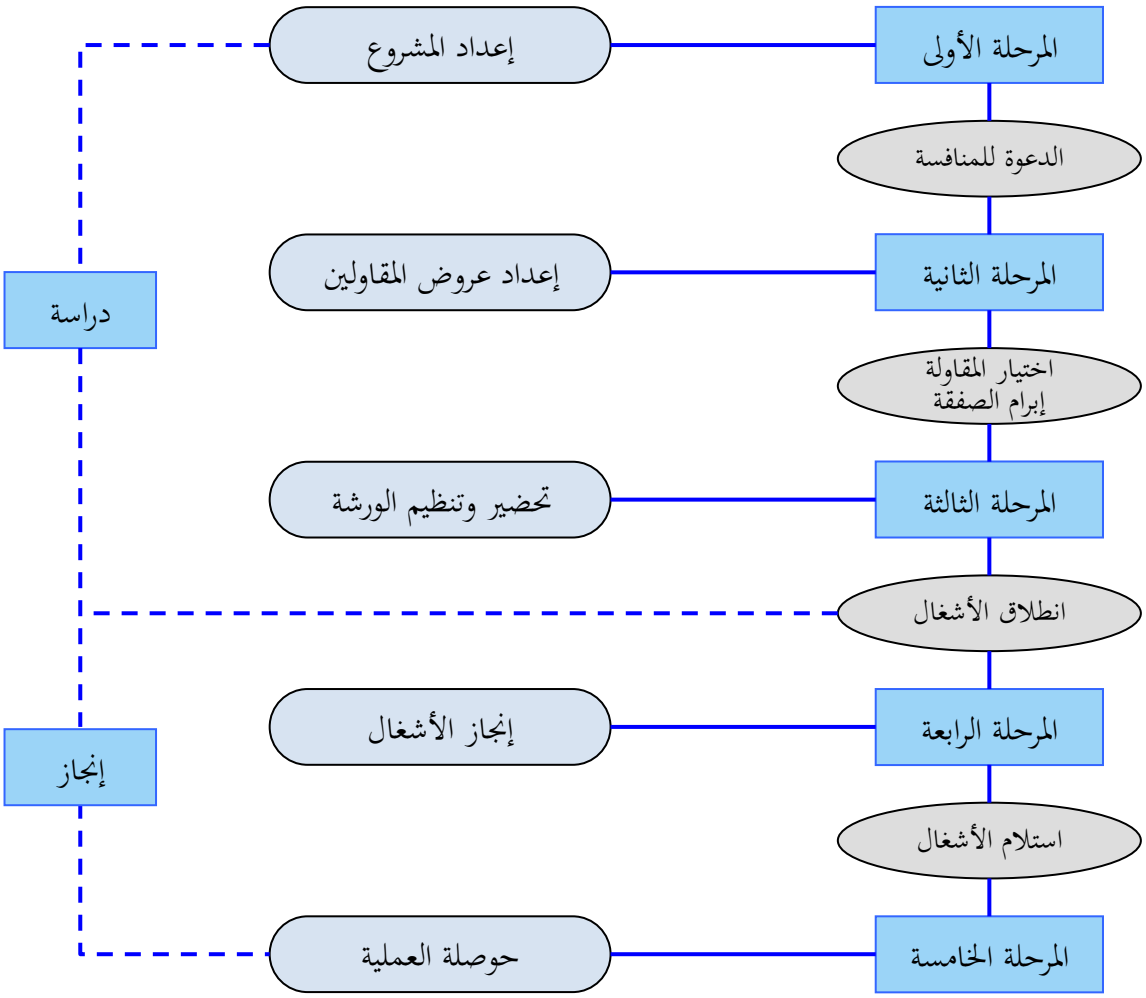
يتعامل صاحب المشروع مع مقاولات مختلفة لكل واحدة منها صفقتها الخاصة دون الحاجة إلى صلة مع المقاولات الأخرى . و يتم التنسيق بين المقاولات من قبل صاحب الأشغال نفسه أو منسق يفوضه .....

ملاحظة : الحساب **prorata** هو حساب يقوم بدفع المصاريف المشتركة لكل المقاولات المتدخلة في نفس المشروع .

2 – سير عملية البناء

بعد التعرف على مختلف أنواع منشآت الهندسة المدنية و على المتدخلين في فعل البناء وبعد الحديث عن طرق تدخلهم فيه، يجدر بنا الآن أن نطل و لو باختصار على هذا المشوار الذي هو فعل البناء لنعرف كيف تتسلسل مراحله في الزمن مع التأكيد على كون المراحل التي تمر بها عملية بناء تخص كلا النوعين من الصفقات الخاص منها والعمومي .

الرسم البياني لسير عملية بناء



تطبيـق

1 – تعرض عليك مجموعة متدخلين في مشروعين ، أحدهما بناء وحدة إنتاج صناعي تحتوي على جناح إداري و ورشة إنتاج و مساحة كبيرة معبدة لحركة الشاحنات ، و الآخر إنجاز طريق يربط بين حيين متجاورين .

و المتدخلون هم : مقاولة مختصة في البناء المعدني // مديرية النقل // مقاولة مختصة في الكهرباء // مقاولة أشغال عمومية المصلحة التقنية للبلدية // مقاولة بناء // مكتب دراسات هندسة معمارية وهندسة مدنية // وزارة الصناعة .

المطلوب إعداد رسم بياني لكل من المشروعين مبينا المتدخلين فيه و طبيعة العلاقة الموجودة بينهم .

III – الملف التقني

1 – الملف التقني وسيلة اتصال

رأينا فيما سبق أن نجاح مهمة البناء مرتبط بحسن تنظيم التدخل فيها و حسن ضبط العلاقات المرسخة بين مختلف المتدخلين .

و تشخص هذه العلاقات بالاتصالات و التبادلات التي تتم بين المتدخلين عبر ما يعرف بالملف التقني الذي يحتوي على ما يسمح لكل طرف بترك بصمته في فعل البناء سواء كان طرفا متعاقدا ، صاحب مشروع ، مقاولا أو صاحب أشغال أو هيئة مراقبة تقنية .

فلكل طرف محادث قد يحاوره و يتفق معه شفويا أو عبر المراسلة ، غير أن موضوع الاتصال لن يكون فعليا إلا إذا وجد بصفة رسمية في إحدى وثائق الملف التقني وباللغة الرسمية أو المتفق عليها .

و نجد في الملف التقني وسيلتي اتصال هما :

– الرسم أو اللغة الخطية التي نجدها فيما يعرف بـ :

الوثائق المرسومة Pièces dessinées

– الكتابة أو لغة الحروف التي نجدها فيما يعرف بـ :

الوثائق المكتوبة Pièces écrites

2 – الوثائق المرسومة

تعرف أيضا بالمخططات و هي أساسا نوعان يختلفان من حيث المصدر ، فمنها الصادر عن المهندس المعماري و أخرى عن المهندس المدني ، يضاف إليهما ملف الأشغال الثانوية التي تهتم بشبكات التطهير والتزويد بالماء الصالح للشرب والغاز والكهرباء وتهيئة المساحات الخارجية المجاورة للمنشأ المراد إنجازه.

مخططات الهندسة المعمارية

هي مخططات تنجز من أجل تعريف المشروع الذي يعرض فيها مثلما سيكون بعد إنجازه .

و يستعمل المهندس المعماري لذلك أسس الرسم التقني من حيث الدقة وتطابق قياسات رسمه مع الحقيقة محافظا على بساطة الأشكال و الرموز التي تعطي للأشياء الممثلة طابعا مألوفا يتعرف عليها التقني و متدخلون آخرون دخلاء على ميدان البناء .

مخططات الهندسة المدنية

تعرف أيضا بالمخططات التنفيذية و تعد من أجل إنجاز المشروع حيث يعرض فيها و هو في طور الإنجاز وكل رسم يمثل الأشياء مثلما هي بعد إنهاء مرحلة واحدة من مراحل الإنجاز .

مثلا : مخطط يمثل أساسات يبينها في مكانها و بالشكل الذي يجب أن تكون عليه بعد إنجازها مع توضيح كل التفاصيل المتعلقة بالقياسات والمواد المكونة وشروط التصنيع و التشغيل .

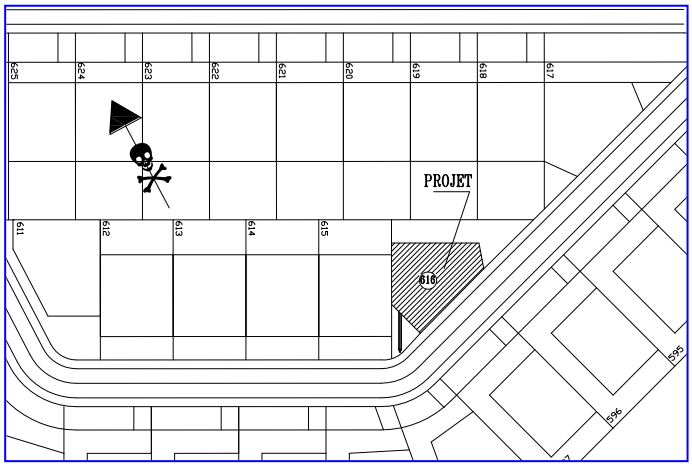
مخططات الهندسة المعمارية

مخطط الموقع

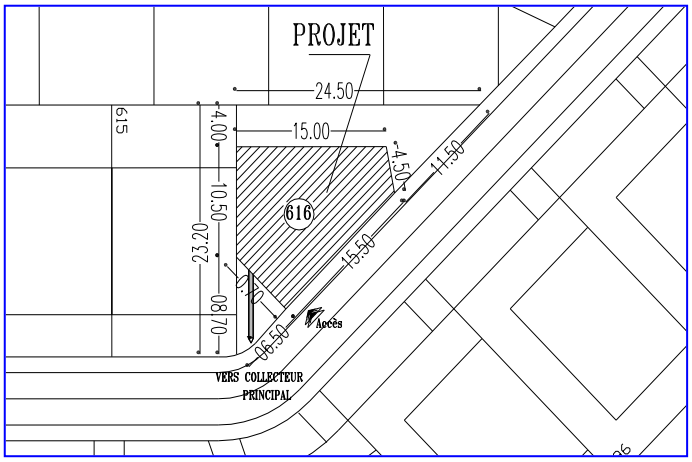
LE PLAN DE SITUATION

هو مخطط ينجزه المهندس المعماري اعتمادا على ما يجنيه من معلومات يجدها في وثائق تصدر عن الوكالات العقارية أو السجل العقاري التابع لمصالح البلدية ،

ويحدد موقع قطعة الأرض المراد استغلالها للبناء في البلدية أو الدائرة أو الولاية ضمن منشآت أخرى جاهزة يمكن أن تكون طريقا أو مبنى ...إلخ و يشترط تحديد الشمال الجغرافي على هذا المخطط . المقياس المستعمل فيه : **1/5000 ، 1/10000**



PLAN DE SITUATION



PLAN DE MASSE

ملاحظة :

إن فصل المخططين ، مخطط الموقع و مخطط الكتلة ، لا يحدث إلا في حالة المشاريع ذات أهمية تستدعي ذلك أما في حالة المشاريع الصغيرة ينجز مخطط واحد يسمى مخطط موقع وكتلة.

مخطط الكتلة

LE PLAN DE MASSE

يحدد موضع المنشأ على قطعة الأرض ويوضح على المخطط ما يلي : رقم قطعة الأرض ، مسلك الدخول الأقرب إليها ، الشبكات الموجودة (مياه ، كهرباء ...) والمقياس المستعمل فيه :

1/250 ، 1/500

مخطط السطح LE PLAN DE TERRASSE

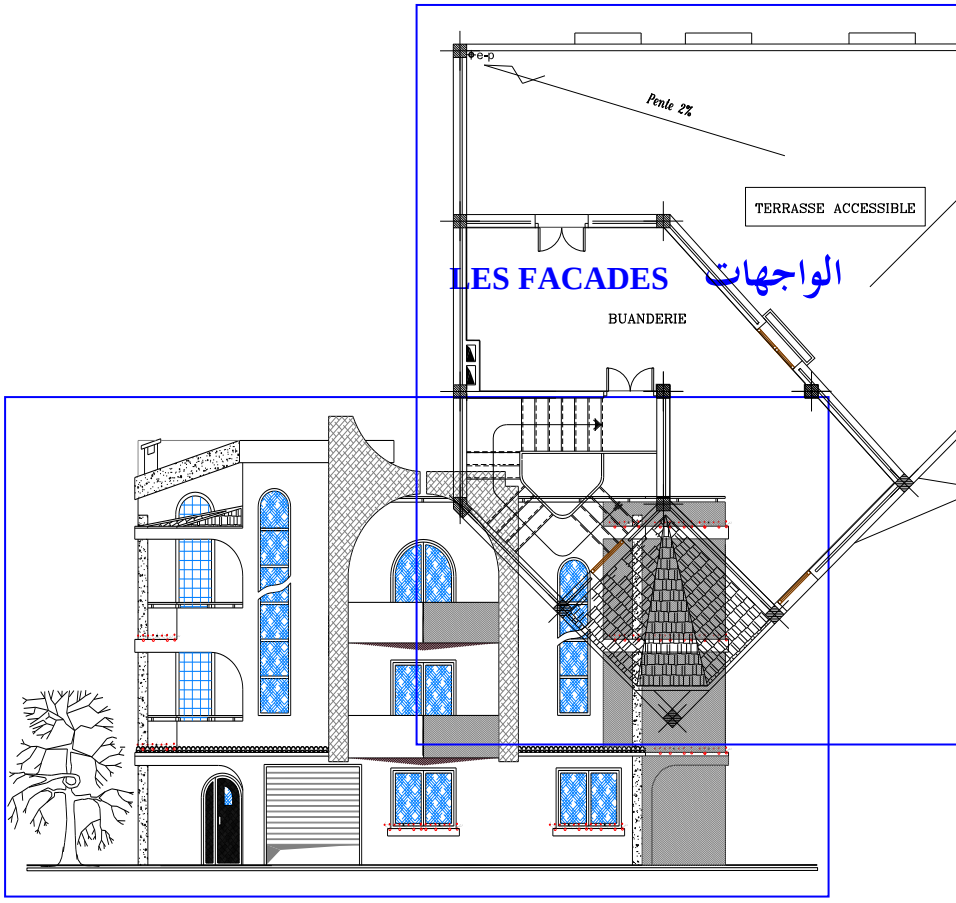
إن إنجاز مخطط السطح متعلق بالحاجة إلى إظهار بعض التفاصيل مثل الطريقة المعتمدة في صرف مياه الأمطار حيث نجد فيها أميال أرضية

السطح واتجاهات هذه الأميال نحو النقاط المعدة لتجميع المياه قصد صرفها نحو الأسفل .

مقياس الرسم فيها

1/50، 1/100

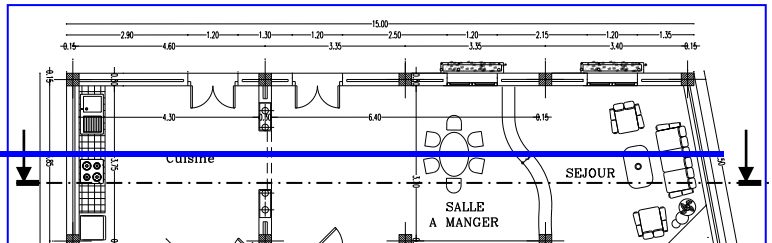
LES FACADES الواجهات



FACADE

إن تمثيل الواجهات يقترب أكثر إلى الرسم منه إلى المخطط ، حيث يعرض فيها المبنى بشكله الخارجي الأكثر اقترابا من الحقيقة . فلا يستغله المهندس المعماري إلا في عرض نتائج تصاميمه ، على وجه الخصوص أمام صاحب المشروع .

LES PLANS DE REPARTITION مخططات التوزيع



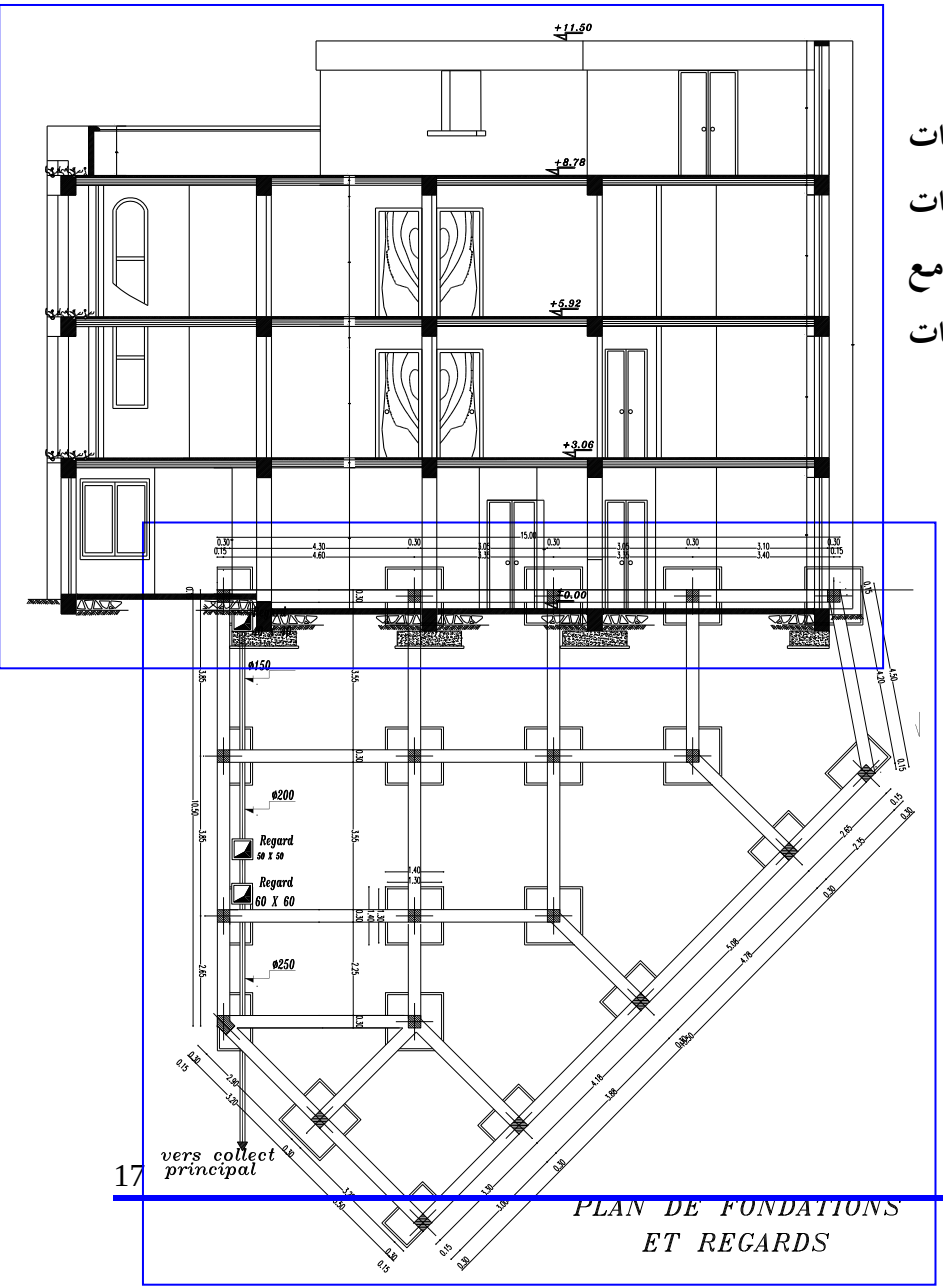
عـددها بعـدد طوابـق المبـنى ، فبالإضـافة إلى مـا تقدمـه مـن تصـاميم المهنـدس المعمـاري فيمـا هـو متعلـق بطريقـة تقسـيم فضـاء كـل طـابق و إسـناد وظيفة لكل قسم ، فإنها مخططات تمثل مقاطع في مستويات أفقية تمهد لعمل المهندس المدني الذي يجـد فيهـا بعـض عناصـر البنايـة ممثلـة كالأعمـدة والجدران و الفتحات مع تحديد أبعاد كل عنصر و هذا ما يساعده على إنجاز المخططات التنفيذية

مقياس الرسم فيها 1/50، 1/100

المقاطع LES COUPES

تفيدنا المقاطع ، و نعني بهذا مقاطع في مستويات شاقولية ، بنفس المعلومات التي نجدها في مخططات التوزيع إذ تبين معا كل الطوابق أو المستويات مع تمثيـل عناصـر المبـنى مثـل الروافـد والأرضـيات لتمكين المهندس المدني من إنجاز مخططاته .

مقياس الرسم فيها 1/50، 1/100



PLAN DE FONDATIONS ET REGARDS

مخططات الأساسات والتطهير

LES PLANS DE FONDATIONS ET D'ASSAINISSEMENT

بالإضافة إلى كون هذا المخطط مثل سابقيه أرضية عمل للمهندس المدني الذي سيستعمله في إنجاز مخططاته ،فإنه همزة الوصل بين الملف التقني وملف الأشغال الثانوية حيث يبين وضعيات الأساسات وما يتخللها من فتحات موصلة إلى شبكات التطهير وصرف المياه .

مقياس الرسم فيها 1/100 ،1/50

مخططات الهندسة المدنية

عددها مرتبط بأهمية المنشأ و تحتوي في مجملها على كل تفاصيل المنشأ السفلي (أساسات) والمنشأ العلوي (أعمدة ، روافد ، أرضيات ، أسقف ، جدران حاملة...إلخ) حيث لا يستغني تمثيلها عن تحديد دقيق لكل الأبعاد التي تعطي وضعيات وقياسات كل عناصر البناء .

و في حالة المنشآت الخرسانية المسلحة على المخططات أن توضح مايلي :

– الأبعاد : توضع الأبعاد من أجل تحديد قياسات كل العناصر و مواضعها لتنجز في مكانها الصحيح .

– القولبة : أي القياسات الداخلية للقوالب التي ستستقبل الخرسانة السائلة ، وتعادل هذه القياسات القياسات الخارجية للعناصر الممثلة .

– التسليح : حيث تمثل كل العناصر من خلال قطع يبين عدد القضبان الفولاذية و أقطارها و نوع الفولاذ المستعمل .

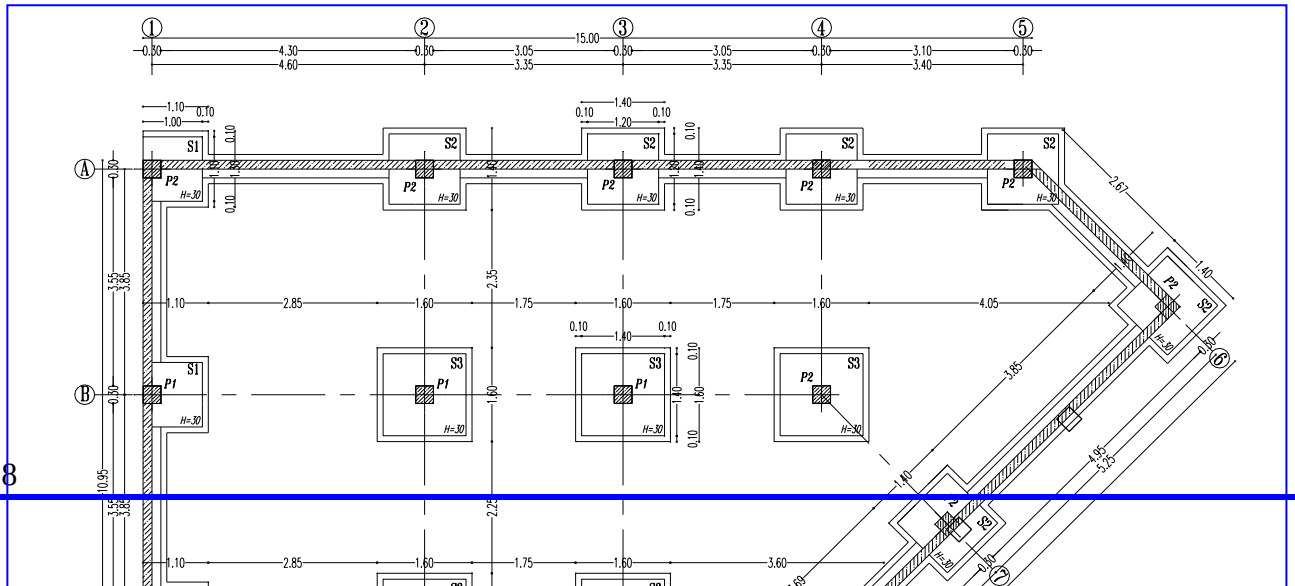
ملاحظة :

تنجز المخططات التنفيذية عموما وفق نمط واحد يعتمد على تمثيل منظر شامل لقسم من المنشأ مرفقا بمقاطع توضح تفاصيل جزء صغير من هذا الجزء .

مثلا : يحتوي مخطط الأساسات على تمثيل لكل الأساسات معا ، إضافة إلى تفاصيل قولبة و تسليح كل نوع من الأساسات .

مخطط الأساسات

LE PLAN DE FONDATIONS

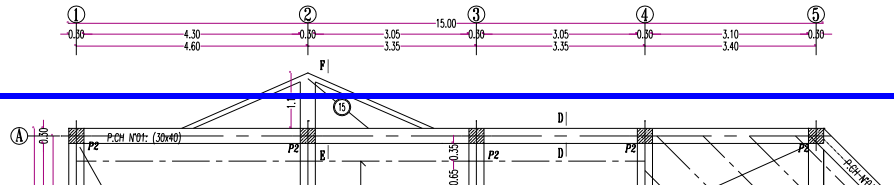


مخططات القولبة والتسليح

LES PLANS DE COFFRAGE ET DE FERRAILLAGE

قولبة و تسليح الطوابق

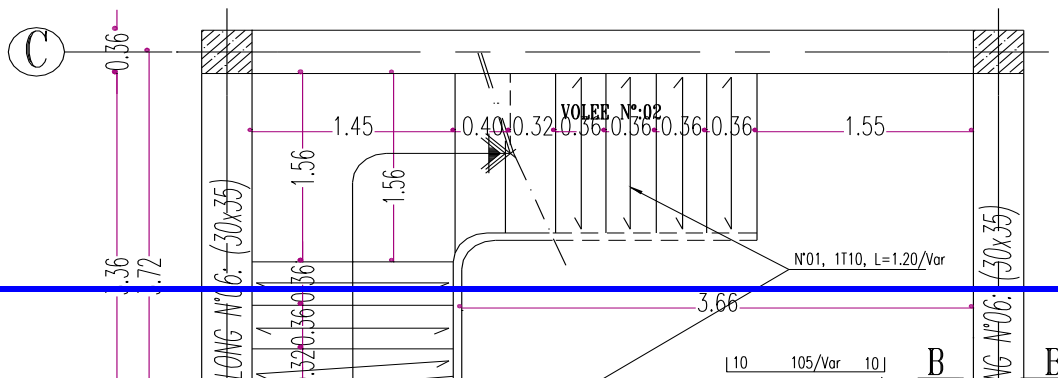
PLAN DE COFFRAGE DU 1er ET 2eme ETAGE ET TERRASSE (NIV +3.06, +5.92 ET +8.78m)

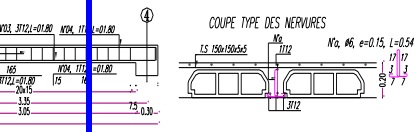


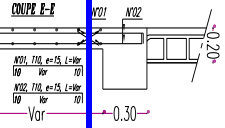
قولبة و تسليح الأدراج

COFFRAGE ET FERRAILLAGE DES ESCALIERS

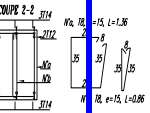
ENTRE LE NIV ±0.00 ET les autres ETAGES

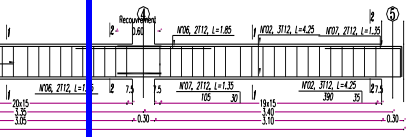


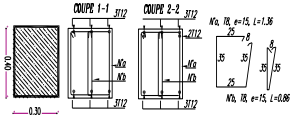


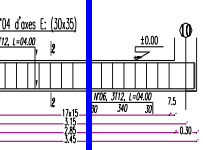


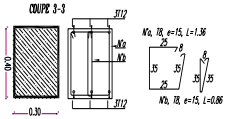
قولبة و تسليح
الأعمدة والروافد
والأرضيات
والكمرات











3 – الوثائق المكتوبة

هي كل الوثائق التي تجعل من فعل البناء إجراء إداريا قبل أن يكون فعلا تقنيا وهي تتضمن ما يلي :

1 – أمن و تأمين الأشخاص سواء المشاركين منهم في فعل البناء أو مستخدمي المنشأ بعد إنجازه .

إن ضمان الأمن و حق التأمين لا يتحققان إلا بعد المصادقة على مطابقة مواصفات المشروع و الورشة المقامة من أجله لكل قواعد الأمن من قبل المصالح التقنية المؤهلة قانونا لذلك ، و تتم هذه المصادقة ، بعد إكمال الملف الإداري ، بسحب رخصة البناء le permis de construire من مصالح البلدية التي تعطي فعل البناء شكله القانوني .

2 – التعرف على المشروع بدقة أكثر ومن جوانب شتى بواسطة ما يعرف بالكشوف les DEVIS التي تعطي وصفا وافيا لكل مراحل الإنجاز في الكشف الوصفي le devis descriptif ، وتقييما أدق لكميات كل المواد المستعملة في المشروع و كذا تكاليفه المفصلة لكل مرحلة فيما يعرف بالكشف الكمي السعري le devis quantitatif estimatif

و تعد هذه الوثائق استنادا إلى مخططات الهندسة المدنية والكشف الوصفي معا للتقويم الكمي ، ثم إلى التقويم ذاته مرفقا بجدول أسعار الوحدة B P U bordereau des prix unitaires الصادرة عن صاحب المشروع و هذا من أجل إعداد التقويم السعري .

3 – إتاحة فرصة دراسة السوق لصاحب المشروع بالبحث عن أفضل عروض الصفقات من قبل المقاولين والسماح لهؤلاء في الوقت ذاته بتنافس عادل في الظفر بالصفقة و هذا خاصة في الصفقات العمومية عبر إجراء يعرف بالدعوة للمناقصة l'appel d'offre .

تتم الدعوة للمناقصة بإعلان عمومي يدعو المقاولين إلى الاقتراب من المصالح المعنية للحصول على ملف يحتوي على الكشوف سابقة الذكر يعرض فيها الكشف الكمي السعري على شكل مطبوعات بها جداول، خانات الأسعار فيها شاغرة تنتظر عرض المقاول ، ويحمل آخر سطر من الوثيقة مكانا يضع فيه المتعامل العارض مبلغا وبالعملة الرسمية يمثل العرض أو السعر الإجمالي للصفقة المقترح من قبله محتويا على كل الرسومات .

4 – التعاقد بين صاحب المشروع و أحد المقاولين الذين قدموا عروضهم بملء المطبوعات اللازمة مرفوقة بكل المعلومات التي تثبت كيان المقاولة مثل رقم السجل التجاري ، وما يؤهلها للقيام بمهمة الإنجاز مثل درجة التأهيل .

وكل هذا في وثيقتين ترفقان بالعرض نفسه هما :

رسالة العرض Lettre de soumission .

و التصريح بالاكتتاب Lettre à souscrire .

بعد الانتقاء ، لا يبقى إلا متعامل عارض واحد يبرم عقده مع صاحب المشروع بما يسمى

بالصفقة Le Marché

الكشف الوصفي

الكشف الوصفي وثيقة تحتوي على ما يلي :

- اسم صاحب الأشغال الذي صدرت عنه الوثيقة.
- تاريخ إنجازها .
- وصف كتابي لرقعة الأرض التي سيقام عليها المشروع بتوضيح ما يجاورها من كل الاتجاهات الجغرافية .
- وصف لعناصر البناء و كل مرحلة أو عملية يرى المهندس المدني أنه يجب توضيح طريقة الإنجاز فيها أو إعطاء توصيات على المقاول أن يمتثل لتطبيقها أثناء الإنجاز .

.....	..... Le …/ …. / 20….
Cabinet	
.....	
Cité	
TEL :	

2 – لائحة الأسعار الأحادية

جدول أسعار الوحدة

تعطي هذه الوثيقة تقييما سعريا شاملا لكل عملية بالرجوع تقريبا إلى نفس العبارات المستعملة في الكشف الوصفي مع الحرص على ترقيم المراحل والعمليات ترقيما يعاد استعماله في الكشوف الموالية .

و الأهم في ذلك هو إعطاء السعر بالأرقام و الحروف مع توضيح وحدة القياس المستعملة في تقدير كميات ما يعطى سعره

PROJET : REALISATION D'UNE CONSTRUCTION INDIVIDUELLE

BORDEREAU DE PRIX UNITAIRES

N°	Désignation détaillée des ouvrages	Prix unitaire
	A. Travaux de terrassements	
A1	Fouilles en excavation. Déblais en grande masse exécutés à l'engin mécanique jusqu'au niveau des côtes mentionnées sur plans, y compris nettoyage général du site des déchets et débris qui s'y trouvent ou qui ont été déposés par les entreprises réalisatrices, dressement des parois de fouilles des semelles isolées, réglage des fonds de fouilles, main d'œuvre et toutes suggestions de bonne exécution. LE METRE CUBE : Cent quatre vingt dinars algériens	180,00
A2	Remblais autour des fondations. Remblais par utilisation de terres provenant des déblais sous forme de couches successives d'épaisseur maximum 20 à 30 cm, bien tassées, jusqu'au niveau des côtes mentionnées sur plans y compris main d'œuvre et toutes suggestions de bonne exécution. LE METRE CUBE : Cent dinars algériens	100,00
A3	Transport des terres excédentaires foisonnées à la décharge publique Evacuation des terres excédentaires hors enceinte du chantier, y compris chargement sur camion, transport sur lieu de déchargement, retour, main d'œuvre et toutes suggestions de bonne exécution. LE METRE CUBE : Cent cinquante dinars algériens	150,00
	B. Gros œuvre - infrastructure	
B1	Gros béton Fourniture et mise en œuvre de gros béton dosé à 200 kg/m3 de ciment CPA, sur une épaisseur de 10cm en fond de fouille, y compris main d'œuvre et toutes suggestions de bonne exécution.	4500.00

…….. …….. Le …/ …. / 20….

Cabinet ……..

……..

Cité ……

TEL : ……..

REALISATION D'UNE CONSTRUCTION INDIVIDUELLE

DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF

WILAYA :……

COMMUNE : ……

Client: ……

N°	DESIGNATION DES ARTICLES	U	QUANTITE	PRIX UNITAIRE (D.A)	MONTANT TOTAL (D.A)
A1	**A- Travaux de terrassements** Fouilles en excavation	M3	64.045	180.00	11 528.10
A2	Remblai autour des fondations	M3	7.202	100.00	720.20
A3	Transport des terres excédentaires foisonnées à la décharge publique	M3	56.843	150.00	8 526.45
	Sous total				**20 774.75**
B1	**B- Gros œuvre Infrastructure** Gros béton e=10 cm dosé à 200 kg/m3	M3	4.646	4500.00	20 907.00
B2	Béton armé pour fondation dosé à 350 kg/m3	M3	17.118	11000.00	188 298.00
B3	Béton armé pour amorces poteaux dosé à 350 kg/m3	M3	3.572	12000.00	42 864.00
B4	Béton armé pour voile périphérique dosé à 350 kg/m3	M3	13.78	12000.00	165 360.00
	Sous total				**417 429.00**
…	……	…	……..	……	……
…	……	…	……..	……	……
…	……	…	……	……	……
				Total HT	**……..**
				TVA	**……..**
				Total TTC	**……..**

Arrêtons le présent devis à la somme en T.T.C de : ……. dinars algériens et ……. centimes

Le maître d'oeuvre

وحـــدات القيـــاس المســـتعملة في الكشوف

المتر المكعب

LE METRE CUBE

(M^3 ، $م^3$)

المستعمل في تقييم كميات الأتربة والخرسانة المسلحة

المتر المربع

LE METRE CARRE

(M^2 ، $م^2$)

المستعمل في تقييم كل ما هو مساحي مثل التبليط والطلاء .

المتر الخطي

LE METRE LINEAIRE

(ML ، م خ)

يستعمل في كل ما يقاس طوله دون أبعاده الأخرى نظرا لكونها معيارية مثل نعل الجدران والأنابيب إلخ...

الوحدة

L'UNITE

تستعمل للعناصر الموضوعة والتي تقتنى جاهزة و بالوحدة مثل التجهيزات الصحية والأقفال...ألخ

الكشف الكمي السعري

Total TTC = Total HT + TVA

حيث :

الرسم TVA يحسب كنسبة من الكلفة الإجمالية الصافية **Total HT** .

و :

Total HT = Σ sous-totaux

أي مجموع المبالغ الكلية لكل مرحلة .

تنجز هذه الوثيقة بالرجوع إلى المخططات والكشف الوصفي و جدول أسعار الوحدة و هذا لتحديد كلفة إجمالية للمشروع تحتسب فيها كل الرسومات فيما يعرف بـ:

Total TTC

و تُحسب المبالغ الكلية لكل عملية كالتالي :

Montant total = Quantité x Prix unitaire

أي بجُداء الكمية و سعر الوحدة

IV – مبادئ عامة في الرسم المدعم بالحاسوب DAO

إن أفضل وسيلة للاتصال بين مختلف المتدخلين في فعل البناء هي الرسم الذي تسخر له في أيامنا هذه وسائل جد متطورة تتمثل في المعدات الإلكترونية مثل الحاسوب .

و يزودنا الإعلام الآلي ببرامج تجعل من الرسم عملية سريعة و دقيقة شرط توفر مستعمل الأداة الإعلامية على تكوين ملائم لذلك . بينما لا يعفينا هذا من التطرق إلى بعض المفاهيم الأولية عن طريقة استعمال هذا النوع من البرامج .

1 – التعرف على برنامج DAO

تثبيت برنامج DAO

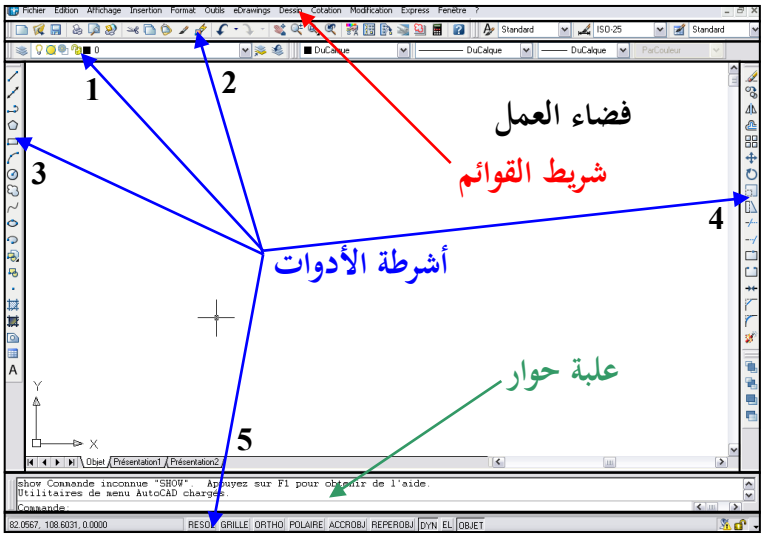
installation d'un programme de DAO

من الواضح أن توفر برنامج **DAO** في الحاسوب شيء إلزامي فبعد التحصل عليه على شكل قرص مضغوط يجب تثبيته بإتباع التوصيات التي ينص عليها مساعد التثبيت **assistant d'installation** المرفق بالبرنامج غير أن هذه العملية تبقى على عاتق المستعملين المتدربين فقط حرصا على سلامة العتاد المستعمل و ما يحويه من معلومات لتفادي ضياعها .

فتح دورة لبرنامج DAO

نقترح عليك هنا التعرف على برنامج DAO المستعمل في الرسم الذي يعرض علينا شاشة **interface** لا تختلف عن ما تعرضه باقي البرامج من فضاء عمل و أشرطة

مختلفة مثل شريط القوائم barre des menus و أشرطة الأدوات barres d'outils



مبدأ استعمال برامج DAO

يسمح البرنامج مثلما هو الحال بالنسبة لعدد كبير من برامج معالجة الصورة التي لا يعتبر هذا البرنامج منها بإنجاز رسم مكون من عدة رسومات أخرى ينجز كل واحد منها على ما يعرف بورقة شفافة calque . بالفعل فأن شريط الأدوات 1 يسمح بالإضافة إلى تسمية الورقة الشفافة بالتحكم في خصائصها و هذا باختيار ما يلي :

نوع الخط المستعمل

- المستمر trait continu
- المتقطع trait interrompu
- المتقطع المزدوج trait interrompu mixte

لون الخط المستعمل حيث يعرض البرنامج طبق ألوان يفيد التنويعُ في استعمالها في تسهيل عملية التعرف على مختلف أقسام الرسم و التدخل عند الحاجة بغرض التغيير .

تتم هذه الخيارات بفتح النافذة gestionnaire des propriétés des calques

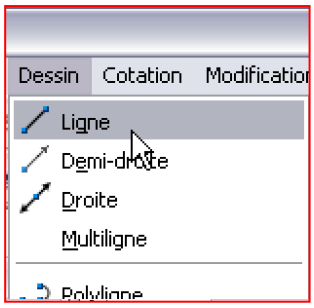
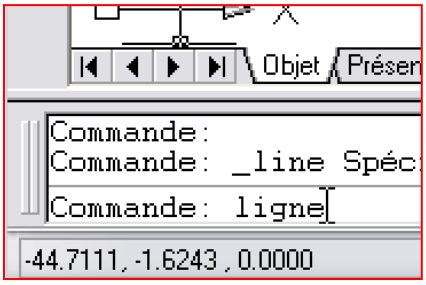
2 – عمليات قاعدية في الرسم ببرامج DAO

استعمال أدوات الرسم Les outils de dessin

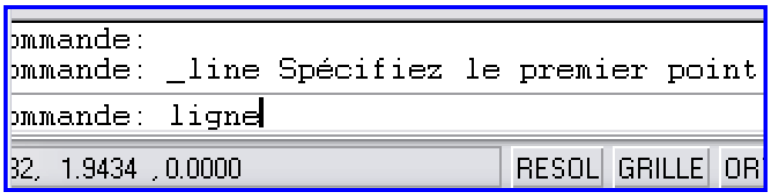
يعتبر الخط la ligne المركب الأساسي للرسم و به تنجز كل الأشكال الهندسية بسيطة كانت أو مركبة ، فلهذا يوفر البرنامج بعض الأدوات تدعى أوامر commandes لإنجاز خطوط من شتى الأنواع ، و لتسهيل بعض العمليات تُقترح أدوات أخرى لإنجاز أشكال هندسية بسيطة تعرض ببعدين 2D أو على شكل منظور يمثل ثلاثة أبعاد للرسم 3D .

يعني اختيار أداة إعطاء أمر ويتم هذا بثلاث طرق أساسية هي :

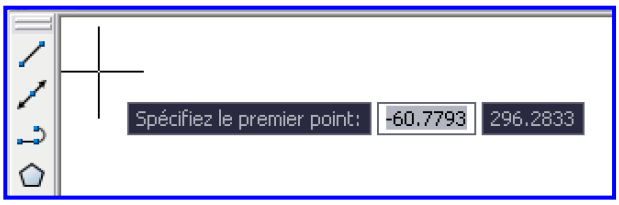
في القائمة dessin	في شريط الأدوات 3	في علبة الحوار

بفتح قائمة **dessin** والنقر على **ligne** لرسم خط مثلا ، ثم إنهاء العملية بعد إنجاز الخط بالضغط على المفتاح **entrée** . 	بالنقر على الخانات الممثلة للأداة المختارة . 	يعطى الأمر هنا بالكتابة في علبة الحوار كتابة صحيحة للمصطلح المقرر لأمر معين فالمصطلح المقرر للخط مثلا هو **ligne** . 

بعد إعطاء أمر ما يتم رسم الشيء المختار بإتباع ما يمليه البرنامج من توصيات في علبة الحوار .



أو عبر علبة حوار تتبع المؤشر تعرف بالديناميكية



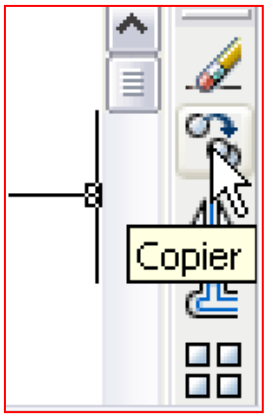
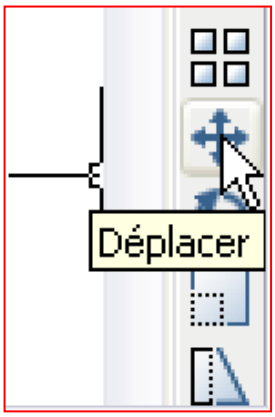
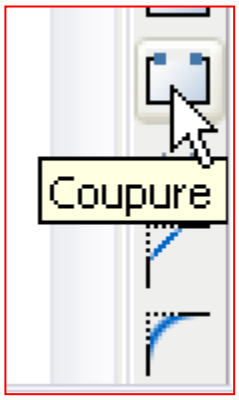
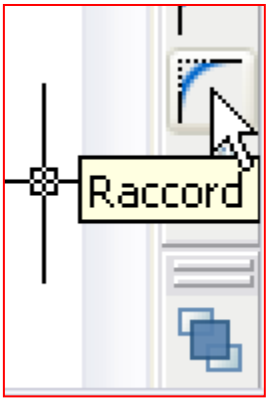
و تُشغَّل انطلاقا من شريط الأدوات **5** .

ضبط الرسم les modifications

– لا يقتصر إنجاز رسم على تمثيل خطوط أو أشكال هندسية فحسب بل من الضروري إدخال تغييرات على كل شيء ينجز بغرض ضبط القياسات أو تغيير الوضعية أو إدماج شكل بآخر أو حتى استنساخ الأشكال إلى أخرى .

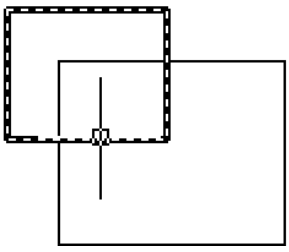
و يتم ذلك عموما بإعطاء الأوامر الموجودة في شريط الأدوات **4** أو من القائمة **modification** كما يلي :

الاستنساخ **copier**	التحريك **déplacer**	القطع **coupure**	الوصل **raccord**

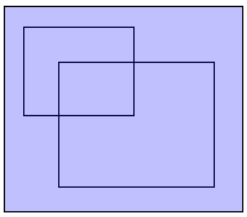
هو أمر يمكن بفضل إعطائه استنساخ شكل مرة واحدة أو أكثر .	تحرك الأشكال بإعطاء هذا الأمر من مكان إلى آخر في فضاء العمل	يستعمل الأمر لقطع الخطوط قصد إدراج شكل آخر مكان القطع مثلا .	يستعمل هذا الأمر لوصل طرفي خطين نريد إتمام الزاوية المشكلة بينهما
			

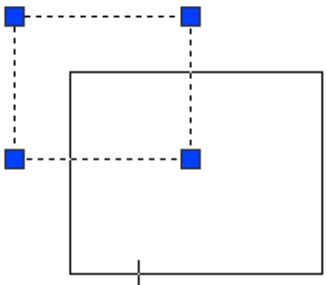
– إن أوامر الضبط أو التغيير لا تتم إلا على أشكال مختارة فالاختيار **sélection** عملية تتم كما يلي :

اختيار بالنقر على شكل



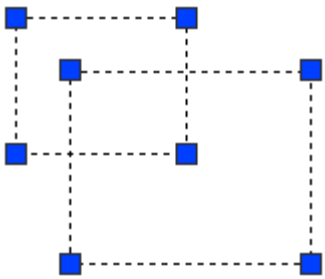
اختيار بمستطيل الاختيار





يبدو في أول نظرة ان حركة المؤشر مقيدة اساسا

الدليل على أن الاختيار قد تم هو تقطع الخطوط و إبراز النقاط المميزة للشكل بمربعات صغيرة



بحركة الفأرة على الطاولة غير أنه يمكن تقييدها ببعض الحركات الخاصة و المعالم المميزة ، ويتم ذلك بوظائف تُشغَّل انطلاقا من شريط الأدوات **5** كما يلي :

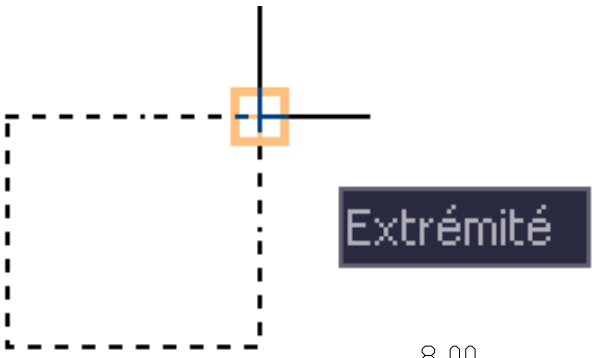
بالوظيفة **accrochage aux objets** يمكن التقيد بالنقاط المميزة للأشكال الممثلة لتكون موضوعا للعمليات المراد القيام بها ،كأن يحرَّك شكل من نقطة معينة لوضعه فوق نقطة أخرى دون سواها ، و الدليل على تشغيل هذه الوظيفة هو جملة تَرِد في علبة الحوار **actif accrobj** ثم بروز أشكال على النقاط المميزة بمثابة الدنُو منها بالمؤشر فنعتبرها إذا عالقة بالمؤشر .

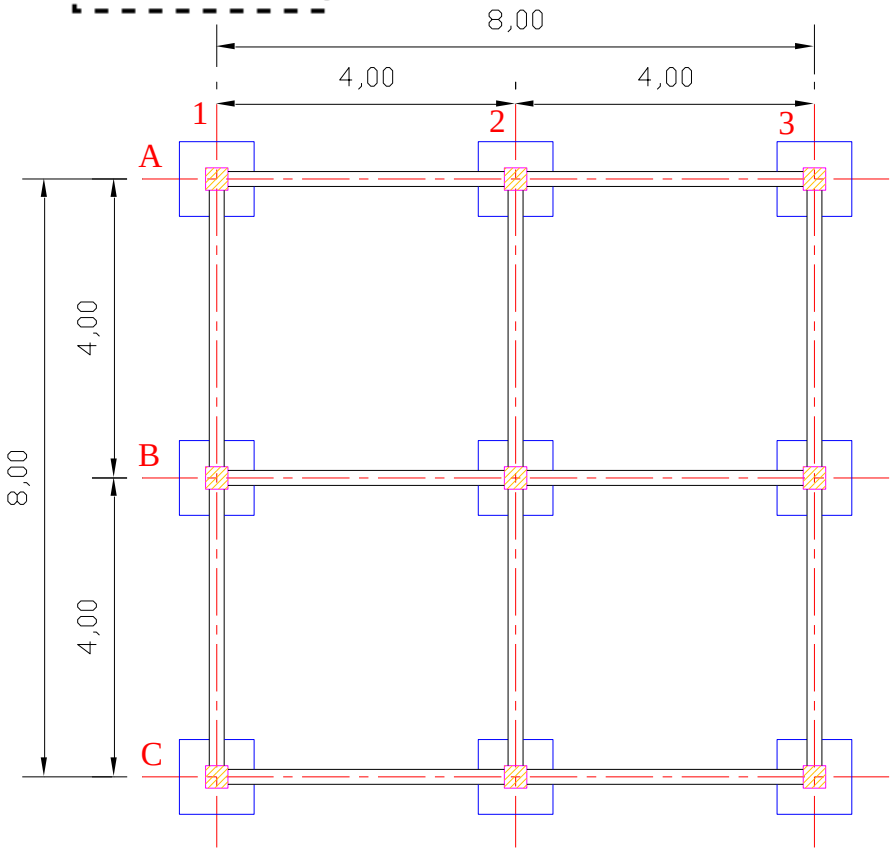
أما بالوظيفة **ortho** تكون حركة المؤشر مقيدة بالاتجاهين التامين الأفقي و العمودي ، فيمكن مثلا إنجاز خطوط أفقية تماما أو عمودية تماما .

و مثلما هو الأمر بالنسبة للوظيفة **accrobj** فإن تشغيل الوظيفة مرهون بورود الجملة **ortho actif**

في حالة العمل بالوظيفة **accrobj**

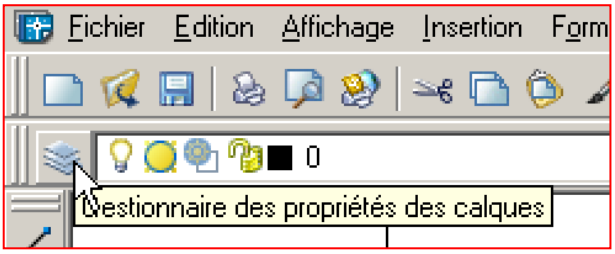
يثير الاقتراب من النقاط المميزة للأشكال بروز شكل خاص ، مثلا المربع لأطراف الخطوط والمثلث لمنتصفاتها إلخ .....



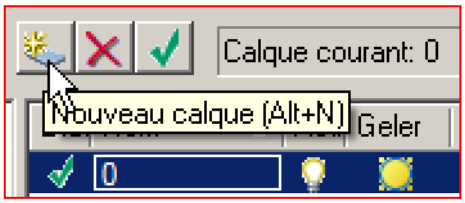


تطبيق: هدف هذا التطبيق هو التمرن على استعمال برنامج **DAO** و القيام بالعمليات القاعدية في الرسم وضبط الرسم ، فالمطلوب هو إنجاز الرسم المقابل والذي يمثل مخطط الأساسات لمجموع تسع **9** قاعدات مربعة (**1.20 x 1.20**) يعلو كل واحدة منها عمود مقطعه مربع (**40x40**) يمثل مقطوعا ، ويربطها حزام مشكل باثنتي عشر **12** كمرة عرضها **30** و هذا بإتباع المراحل الآتية :

1 – فتح دورة لبرنامج DAO.



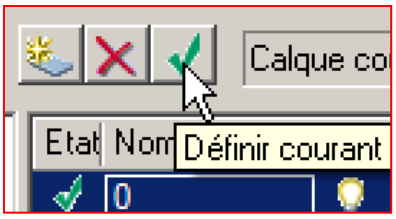
2 – إنشاء calque لتمثيل المحاور بفتح النافذة gestionnaire des propriétés des calques على شريط الأدوات



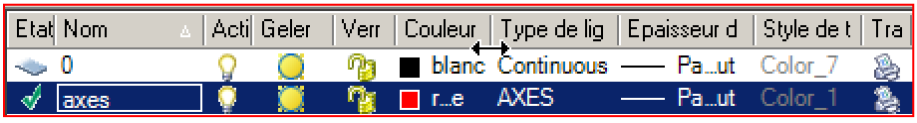
3 – اختيار nouveau calque و تسمية calque1 باسم "axes" .

4 – اختيـــار اللـــون الأحمـــر مـــثلا بفـــتح النافـــذة sélectionner la couleur

5 – اختيار نوع الخط بفتح النافذة choix du type de ligne و استحداث قائمة الأنواع التي لا تحتوي إلا على النوع continu بتعبئة أنواع أخرى بالنقر على charger في نفس النافذة .



6 – بالنقر على الزر courant يمكن استعمال الورقة "axes" فورا بعد المصادقة على الاختيارات السابقة .



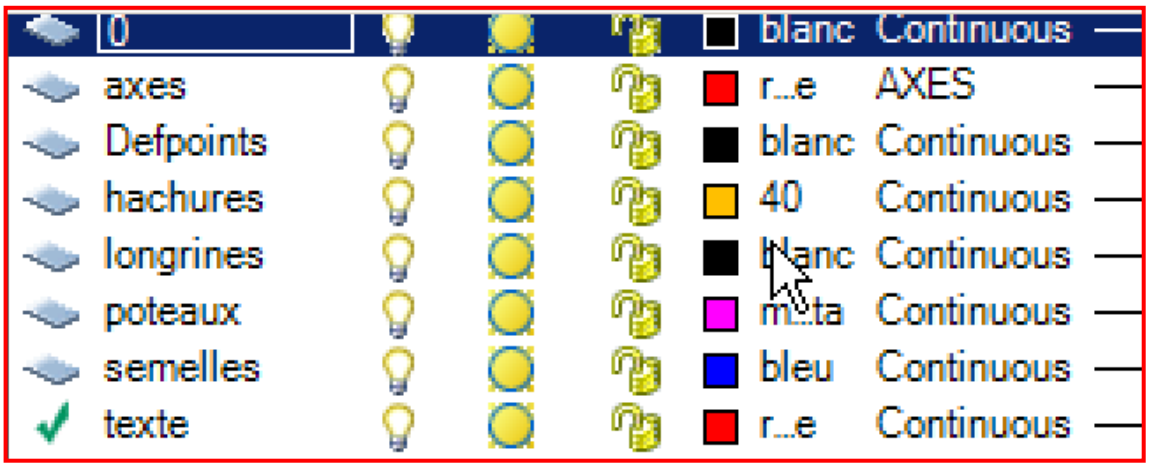
7 – الرسم يتم بإتباع المراحل الآتية :

- **رســم المحــور 1 باســتعمال ligne و التقيــد بالوظيفــة ortho.**
- **استنساخ المحور 1 إلى 2 و 3 باستعمال copier دائما بالوظيفة ortho.**
- **رسم المحور A واستنساخه إلى B و C .**
- **إنشـاء calque آخـر للأساسـات وتسـميته semelles باللون الأزرق و الخط المستمر .**
- **رسم القاعدة A1 باستعمال الأداة rectangle .**
- **اســتنســـاخ المربـــع في A1 إلى مربعـــات في A2,A3,B1,B2,B3,C1,C2,C3 باســـتعمال copier والتقيد بالوظيفة accrobj .**

إتمام العمل بإنشاء ورقة لكل قسم من الرسم على أن تسمى باقي الأوراق الشفافة كما يلي :

Poteaux للأعمـــدة / longrines للكمـــرات
hachures للتهشير / cotation للأبعاد
و texte للنص المكتوب .

محتوى النافذة gestionnaire des propriétés des calques بعد الانتهاء من إنشاء كل الأوراق الشفافة


0 blanc Continuous
axes r...e AXES
Defpoints blanc Continuous
hachures 40 Continuous
longrines blanc Continuous
poteaux m...ta Continuous
semelles bleu Continuous
texte r...e Continuous

الفصل الثاني

دراسة الأرضية

مبادئ في الجيولوجيا

خصائص الأتربة

تصنيف الأتربة

مبادئ في الطبوغرافيا

أعمال التجريف

I – مبادئ في الجيولوجيا

بنية القشرة الأرضية

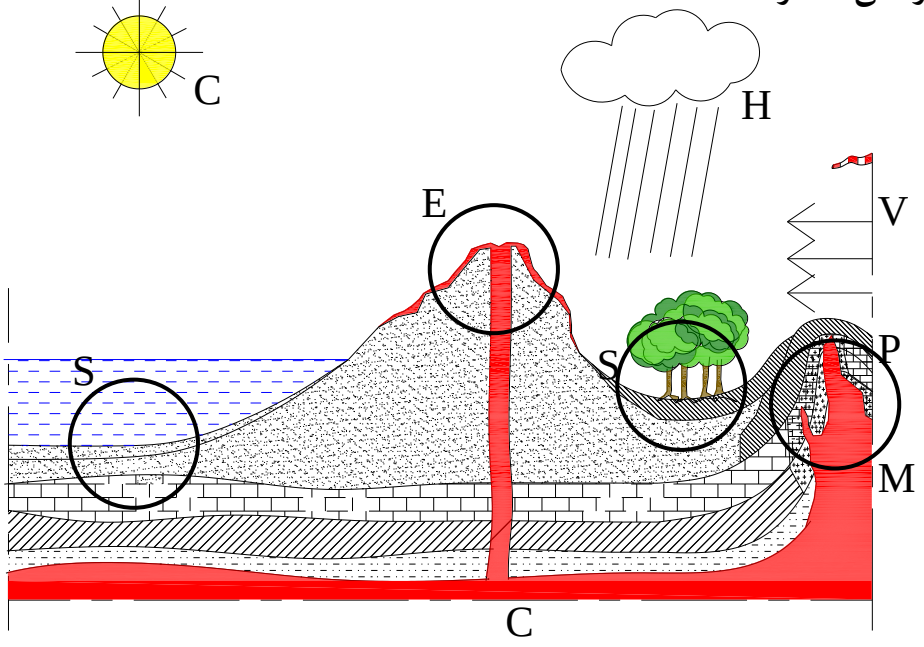
إن تحديد ومعرفة الخصائص الجيولوجية المفصلة للتربة ضروريان لدراسة وتصميم أساسات المنشآت. ومعرفة الأراضي تعتمد على تحديد مختلف الخصائص الفيزيائية، الكيميائية والميكانيكية لأتربة الموقع.

و يهتم ميدان الجيولوجيا بدراسة بنية ومكونات الكرة الأرضية وتحولاتها مع مرور الزمن بالتركيز على القشرة.

فنميز في الصخور المشكلة لها ثلاثة أصناف كبرى هي:

الصخور البركانية Roches éruptives ou ignées ومنشأها من القشرة الأرضية.

من المعادن الرئيسية للصخور البركانية الكوارتز Quartz ، الفلدسبات Feldspaths ، الميكا Micas، السيليكات والأكسيدات المتنوعة Silicates et oxydes divers



تتشكل الصخور في مواضع معينة مثلما هو مبين في الرسم :

S : الصخور الرسوبية

E : الصخور البركانية

M : الصخور التحويلية

و من العوامل التي تؤدي إلى تشكيلها هناك:

C : الحرارة

H : الماء

V : الريح

P : الضغط

الصخور الرسوبية Roches sédimentaires الناتجة عن تفتت وتحول الصخرة الأم بفعل عاملي الحرارة والبرودة، ثم تموضعها على طبقات بعد نقلها بتأثير الرياح والمياه وهي وسط للأحياء إذ تحتوي على بقايا نباتية و حيوانية نميز في الصخور الرسوبية البنية الصخرية Roches والبنية المتفتتة أي الأتربة (sols) Roches meubles . تشكل الأتربة أكبر نسبة من الصخور الرسوبية وتحتوي أساسا على الطين Argiles ، السجيل Marnes ، الرمل والحصى Sables et graviers الطمي Limons ،والوحل Vases.

الصخور المتحولة Roches métamorphiques وهي التي تغيرت بنيتها بفعل الضغط والحرارة المرتفعين معا.من الصخور التحويلية نميز الرخام Marbre ، الكوارتزيت Quartzites والأردواز Ardoises

II – خصائص الأتربة

تقدم الحفر المنجزة جوانب تبين وبوضوح الطبقات المختلفة للتربة والتي تعطينا معلومات ثمينة عن حالة وطبيعة الأتربة .

لتحديد هذه الخصائص، يُلجأ إلى صنفين كبيرين من التجارب:

التجارب المخبرية Essais en laboratoire : تهدف أساسا إلى تحديد الخصائص الفيزيائية لعينات الأتربة. تجرى في المخبرعلى عينات مقتطعة من أرضية المنشأ بإحدى الطريقتين التاليتين:

الحفر Forage : تنجز حفر على شكل آبار على عمق يمكن أن يصل حتى **10.00 m**، لتؤخذ عينة من الأتربة بكميات كبيرة لإجراء مختلف التجارب عليها. من مميزات هذه الطريقة إمكانية رؤية مختلف الطبقات المكونة لأرضية الموقع بحدودها وسمكها لكن أهم مساوئها احتمال انهيار جوانب الحفرة إذا كانت دون تدعيم.

السبر Sondage : تقتطع فيه عينات من الأتربة من حفر بقطر يتراوح بين **70mm** و**200mm** .

وتقارب بذلك وضعيات حبيبات العينة الحالة الطبيعية لها. يتم ذلك بواسطة المثاقب **Tarières** التي يختلف نوعها باختلاف طبيعة التربة.

التجارب الميدانية Essais in situ : تهدف إلى تحديد الخصائص الميكانيكية للأتربة أي قدرة تحملها للتأثيرات الخارجية في حال إنجاز منشآت معينة في المنطقة. تعتمد أساسا على إحدى التجربتين التاليتين:

تجربة البنترومتر Pénétromètre : تتمثل هذه التجربة في إدخال أنبوب ذي قطر ضعيف عبر طبقات التربة بالطرْق، يكون في قمة الأنبوب جهاز لقياس قوة الحد **Effort de pointe** والاحتكاك الجانبي **Frottement latéral**

تجربة البرسيومتر Pressiomètre

تتمثل التجربة في إدخال مسبار أسطواني قابل للانتفاخ Sonde cylindrique dilatable في حفرة متوازنة الجوانب، ثم تقاس التغيرات في حجم التربة الملامسة للمسبار تحت تأثير الضغط المطبق. يستخلص من هذه التجربة ما يلي:

- معامل التشوه Module de déformation
- الضغط الفاصل بين المرونة واللدونة Pression de fluage
- الضغط الأقصى أي المقاومة قبل الانفصال Pression limite

من نتائج التجارب الميدانية، يمكن استخلاص قدرة تحمل التربة Portance du sol التي تختلف باختلاف نوعية التربة المعاينة والبعض منها ملخص على الجدول التالي:

طبيعة التربة	قدرة التحمل (kg/cm^2)	ملاحظات
الوحل	0.0	إنجاز أساسات عميقة
التربة الزراعية والردم	0.5	قيمة متغيرة بتغير المكونات والسمك
الرمل الناعم	2.0 – 0.0	خطر التمييع عند الزلازل
الرمل الجاف والحصى المختلط	5.0 – 3.0	تقليص القيمة إلى 3/1 عند وجود الماء
الطين المائية	1.0 – 0.3	خطر الهبوط بدلالة نسبة المحتوى المائي
الغضار	3.0 – 1.5	تقليص القيمة إلى 3/1 عند وجود الماء
التربة الصلبة	5.5 – 3.0	تقليص القيمة إلى 3/1 عند وجود الماء
الصخور المتشققة بطبقات منتظمة	10.0 – 7.0	تقليص القيمة إلى 2/1 بزيادة التشقق
الصخور الصلبة	20.0 – 10.0	تقليص القيمة إلى 2/1 بزيادة التشقق

مكونات الأتربة

مكونات الأتربة ثلاثة : الحبيبات الصلبة، الماء والهواء

إذا كان الماء يملأ كل الفراغات بين الحبيبات الصلبة تكون التربة في حالة تشبع.

تنقسم الأتربة إلى قسمين كبيرين :

الأتربة الذرورية Pulvérulents بقطر للحبيبات يزيد عن 50µ

الأتربة المتماسكة Cohérents بقطر يقل عن 2µ

تتميز التربة الذرورية بزاوية الاحتكاك الداخلي φ Angle de frottement interne التي تمثل بالميل الطبيعي لمخروط عينة من الأتربة دون انهيار جوانبه . هذه الزاوية هي التي تعطي الميل الطبيعي لمنحدر مستقر.

أما إذا زادت زاوية الميل عن زاوية الاحتكاك الداخلي حدث الانزلاق حتما.

تختلف قيمة زاوية الاحتكاك الداخلي باختلاف طبيعة الأتربة .

أما الأتربة المتماسكة فتتميز بالتماسك Cohésion C الذي يمثل تجمع والْتصاق حبيبات عينة الأتربة. فكلما زاد التماسك قل خطر الانزلاق. ففي الأتربة الرملية مثلا، التماسك منعدم لذا يسهل انزلاق جوانب منحدراتها .

III – تصنيف الأتربة

يمكن تصنيف التربة اعتمادا على ثلاث (03) تجارب رئيسية:

التحليل الحبيبي Analyse granulométrique

حدود آتربارغ Limites d'Atterberg

مكافئ الرمل Equivalent de sable

التحليل الحبيبي

تهدف تجربة التحليل الحبيبي إلى تحديد نسب الحبيبات ذات الأقطار المختلفة داخل عينة من التربة. تجرى التجربة بالنخل أو الغربلة بواسطة مناخل (غرابيل) أو مصافٍ موضوعة فوق بعضها بترتيب تصاعدي لأبعاد الثقوب المختلفة ، ثم باعتبار ما يبقى فوق المناخل أو يمر عبرها تحدد نسب الرفض والمار .

الرفض Refus :

هو نسبة وزن الحبيبات المتبقية فوق منخل واحد إلى الوزن الكلي للعينة غير أن الاكتفاء بقياس هذا الوزن شيء غير مجد لأن الأهم في هذه الدراسة هو معرفة الرفض المتراكم Refus cumulé في المناخل الواحد تلو الآخر .

المارّ tamisât :

هو نسبة وزن الحبيبات المارة عبر منخل واحد إلى الوزن الكلي للعينة

بعد تحديد نسبة الرفض أو المار ، تمثل النتائج المحصل عليها بمنحنى على معلم نصف لوغارتمي يحمل محور فواصله اللوغارتم النيبيري لأقطار المناخل و محور تراتيبه نسب المار أو الرفض .

حدود آتربرغ

تتميز الأتربة الطينية بقابلية امتصاصها للماء حتى التشبع وكذا التجفف بفقدانها إياه.

تتغير خصائص التربة بزيادة كمية الماء حتى الوصول إلى الحالة السائلة. أما إذا تعرضت للتجفف فإن حبيباتها تتقارب حتى الالتصاق ويتقلص حجمها حتى الوصول إلى الحالة الصلبة.

بين الحالتين الصلبة والسائلة تمر التربة بمرحلة اللدونة.

تهدف حدود آتربارغ إلى تحديد نسب الماء الموافقة للحدود الفاصلة بين هذه الحالات الثلاث. نميز:

حد السيولة Limite de liquidité : وهو الحد الفاصل بين نهاية مرحلة اللدونة وبداية السيولة

حد اللدونة Limite de plasticité : وهو الحد الفاصل بين نهاية مرحلة الصلابة وبداية اللدونة

غير أن صلابة العينة تتميز بحد التقلص Limite de retrait

مكافئ الرمل

إذا كانت الأتربة تحتوي على كمية ضئيلة من الحبيبات الدقيقة، لا يمكن حساب حدود آتربارغ.

للوصول إلى تحديد نسبة حبيبات الطين أو الطمي في العينة، يلجأ إلى تجربة مكافئ الرمل.

كما أن نفس التجربة تجرى على الحصويات المستعملة في تحضير الخرسانة.

IV – حدود آتربارغ

Les limites d'ATTERBERG

تمهيد

في حالة التربة الناعمة يلعب الماء دورا رئيسيا بتأثيره على الخصائص الفيزيائية للتربة حيث تتراوح ما بين تربة صلبة و تربة سائلة و لهذا توصف هذه عن طريق وصف حالة قوامها و التي تعتمد بشكل مباشر على المحتوى المائي(W%) و نميز الحالات التالية :

1– الحالة السائلة L'état liquide:

تكون مقاومة التربة للقص ضعيفة لدرجة يمكن إهمالها، الجزيئات غير مرتبطة ببعضها البعض و هذا يسهل تحركها فتسلك سلوك السوائل.

2– الحالة اللدنة L'état plastique:

التربة لا تسيل على المساحات السطحية لها قوام أكبر لكن تحت تأثير قوة ضعيفة تتشوه دون أن تنكسر.

3– الحالة الصلبة L'état solide:

التربة تكون قاسية و لا يمكن تغيير شكلها و يمكن التمييز بين حالتين :

حالة صلبة مع وجود (إنكماش) و حالة صلبة دون وجود إنكماش.

و للتعريف بكل هذه الحالات إقترح العالم السويدي " آتربارغ " حدودا تبين مرور المادة من حالة فيزيائية إلى أخرى و لها علاقة بالمحتوى المائي (La teneur % W en eau).

تعاريف

1– حد السيولة La limite de liquidité :L_L

هو الحد الفاصل بين الحالة السائلة و الحالة اللدنة.

2– حد اللدونة La limite de plasticité :L_P

هو الحد الفاصل بين الحالة اللدنة و الحالة الصلبة دون إنكماش.

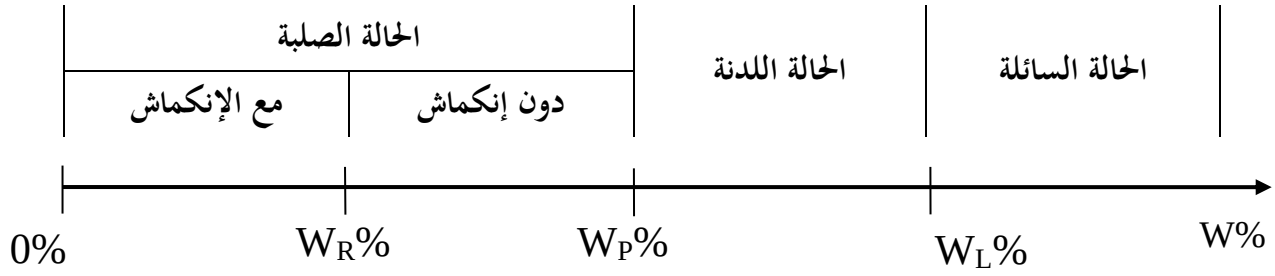
3– حد التقلص La limite de retrait :L_R

هو الحد الفاصل بين الحالة الصلبة دون إنكماش و الحالة الصلبة مع الإنكماش.

ملاحظة

دليل اللدونة L'indice de plasticité :I_P

يمثل الفرق بين حد السيولة و حد اللدونة و يقيس طول المجال الذي يمكن فيه تشكيل التربة.



الهدف من التجربة

نستعمل حدود آتربارغ في تصنيف التربة خاصة عند إنجاز مشاريع الطرقات.

سير التجربة

1- تحضير العينة

إن خاصية تشكيل التربة ناتجة أساسا على وجود العناصر الناعمة التي تتأثر بالماء ،لذا نستعمل الجزء من التربة الذي يمر عبر الغربال **0.4 mm** (AFNOR) ، **0.42 mm** (ASTM) .

و بالتالي يجب غربلة العينة مع مراعاة عدم تجفيفها قبل الغربلة و يتم ذلك باتباع المراحل التالية:

- وضع التربة في الغربال فوق إناء كبير و صب الماء بلطف فوق التربة و غسلها بفرشاة.
- غسل الحبيبات الكبيرة المتبقية فوق نفس الإناء.
- ترك العينة تترسب و التخلص من الماء.
- ترك العينة تجف إلى الحد المطلوب دون تسخين.

2-تعيين حد السيولة

أ - الأدوات و اللوازم المستعملة

- جهاز كازاقرند

(**Appareil de CASAGRANDE**)

و يتكون من صحن(coupelle) من مادة الشبهان (Le laiton) متصل بجهاز ميكانيكي مزود بملفاف (**manivelle**). الصحن يسقط من ارتفاع **10 mm** عل هيكل خشبي (**socle en bois**) .

- أداة الشق أو التحزيز(outil à rainurer) تسمح بإنجاز شق في عينة التربة الموضوعة في الصحن و هي عدة أنواع : نوع ASTM(type A)، نوع B.S.British standart(type B) و نوع كازاقرند(type C).

- ملوق(Spatule) ،ميزان دقيق ، مجفف (Etuve)

ب- الطريقة العملية

المبدأ

ننجز شقا في التربة الموجودة في الصحن، ثم ندير الملفاف.

المراحل

- نخلط التربة بالماء المقطر على صفيحة زجاجية.
- نملأ صحن الجهاز بنسبة (3/4)، توزع بصفة منتظمة في وسط الصحن يكون السمك من **15** إلى **20 mm** أما المحيط فيكون تقريبا أفقيا) مع تفادي تكوّن الفقاعات الهوائية.
- ننجز شقا في وسط الصحن باستعمال أداة الشق التي تكون عمودية على الصحن.
- نطبق على الصحن ضربات متتالية بوتيرة ضربتين في الثانية و ذلك بواسطة الملفاف.
- نتوقف عن تطبيق الضربات عند ملاحظة إنغلاق الشق على طول **1 cm** و نسجل عدد الضربات (N) .

نعيد نفس العمليات .

- إذا كان عدد الضربات (N) أقل من **15** (نترك العينة تجف).
- إذا كان عدد الضربات (N) أكبر من **35** (نضيف كمية من الماء و نجعل العينة متجانسة).
- نحسب نسبة المحتوى المائي إذا كان عدد الضربات $15 \le N \le 35$.
- نأخذ عينة من كل جهة من جهتي الشق و نضعها في إناء ثم نزنها مباشرة.
- نضع الإناء في الفرن ثم نزن مرة أخرى.
- نحسب نسبة المحتوى المائي بكونها معدل القيمتين المحسوبتين بالنسبة للعينتين المأخوذتين على جانبي الشق.

W : نسبة المحتوى المائي.

P_e : وزن الماء.

P_s : وزن العينة جافة.

$$W = \frac{P_e}{P_S} \times 100\%$$

[] نعيد التجربة مرات عديدة.

ج- النتائج

نتحصل في النهاية على جملة من الثنائيات

(N_1، W_1% ، N_2، W_2% .....).

د- تحليل النتائج

حد السيولة هو نسبة المحتوى المائي الموافقة لحدوث انغلاق لجهتي الشق بطول **1 cm** بعد **25** ضربة.

هـ - طرق الحساب

- الطريقة الأولى

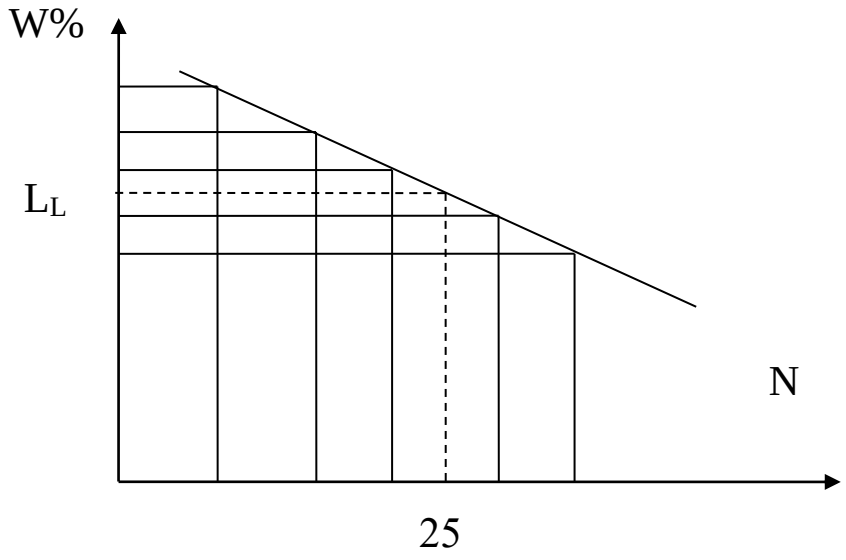
و هي طريقة تتطلب إجراء خمس تجارب فأكثر بحيث يكون عدد الضربات موزعا بين **15** و **35** .

- نرسم فوق معلم نصف لوغاريتمي المنحنى البياني المبين للنتائج.

- على محور الفواصل : نبين عدد الضربات (N) لكل تجربة.

- على محور التراتيب : نبين نسب المحتويات المائية

- حد السيولة هو ترتيب النقطة التي تكون فاصلتها موافقة ل : **25** ضربة.



- الطريقة الثانية

يعطى حد السيولة بالقانون الحسابي التجريبي (**Formule empirique**) التالي:

$$L_L = W\left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

تتطلب إجراء تجربتين على الأقل لكن بشرط :

التجربة الأولى : $N_1 \in [15,25] \rightarrow W_1\%$

التجربة الثانية : $N_2 \in [25,35] \rightarrow W_2\%$

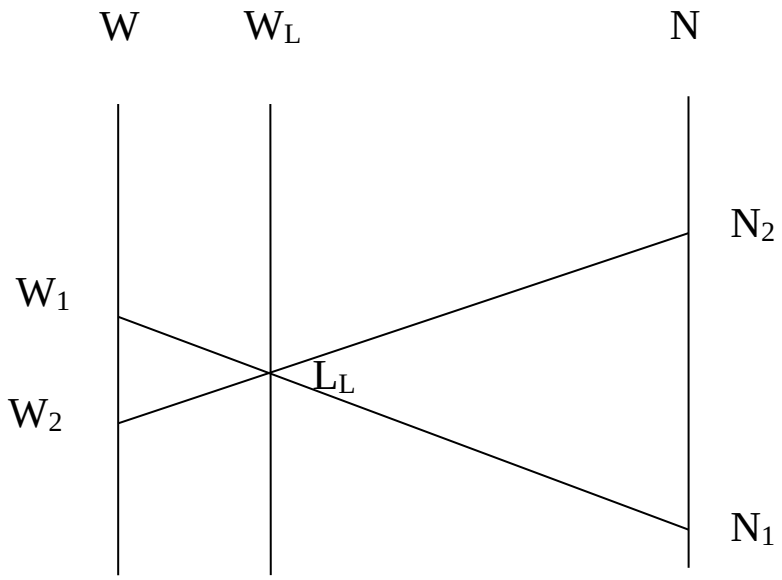
و هي طريقة تستدعي الحل :

* بالقوانين الحسابية التجريبية :

$$N_1 \in [15,25] \rightarrow L_{L1} = W_1\left(\frac{N_1}{25}\right)^{0.121}$$

$$N_2 \in [25,35] \rightarrow L_{L2} = W_2\left(\frac{N_2}{25}\right)^{0.121}$$

وباستعمال المخطط البياني(L'abaque) الموافق للقانون و الذي يأخذ الشكل التالي:نأخذ كقيمة لحد السيولة متوسط القيمتين المحصل عليهما.



يمكن تلخيص النتائج المحصل عليها في التجربة قبل تحليلها في جدول كالتالي :

رقم التجربة	1		2		3 إذا لزم الأمر	
عدد الضربات.....						
الوزن الكلي المبلل.....						
الوزن الكلي الجاف.....						
وزن الإناء.....						
وزن الماء.....						
وزن التربة جافة.....						
نسبة المحتوى المائي.....						
المعدل						

و– الإحتياطات

– يجب أن تكون الأدوات نظيفة بما فيها الصحن و أداة الشق كما يجب تنظيفها بعد كل تجربة.

– يجب ضبط الصحن جيدا فوق الهيكل لأن تكرار الضربات يؤدي إلى تآكل الهيكل الخشبي و بالتالي يجب إعادة تسويته بمبرد .

2 – تعيين حد اللدونة

أ– الأدوات و اللوازم المستعملة

– صفيحة نظيفة، ملساء، جافة و غير ماصة (عموما تكون صفيحة زجاجية أو من الرخام).

– ملوق – ميزان دقيق – مجفف – قضيب قياس ذو قطر 3 mm.

ب– الطريقة العملية

المبدأ

نشكِّل قضيبا من التربة و نقوم برفعه.

المراحل

[] تجرى هذه التجربة على نفس العينة التي أجريت عليها تجربة حد السيولة لذلك يجب ترك العينة تجف قليلا.

[] نكون كرة من التربة قطرها 12 mm تقريبا، نقوم بعجنها فوق الصفيحة بحيث يتكون لدينا قضيب ذو قطر 3 mm و طول يتراوح بين 10cm و 15cm و ذلك بحركة تناوبية بوتيرة ذهاب و إياب واحد في الثانية.

[] إذا انكسر القضيب قبل الحصول على هذا القطر فهذا راجع لكون نسبة المحتوى المائي غير كافية و بالتالي يجب إضافة كمية من الماء المقطر للعينة و عجنها جيدا حتى تتجانس.

إذا لم ينكسر نرفع القضيب من وسطه على ارتفاع 15 إلى 20 mm.

[] نكون قد وصلنا إلى حد اللدونة عندما ينقسم القضيب إلى أجزاء ذات طول من 1 إلى 2 cm عندما يكون القطر يساوي 3 mm .

[] إذا لم يحدث الإنقسام نجفف العينة بين اليد و الصفيحة و نعيد التجربة حتى الوصول إلى الغرض.

[] نحسب نسبة المحتوى المائي للعينة .

[] نعيد نفس العمليات السابقة بأخذ كرة أخرى من نفس عينة المادة.

ج– النتائج

نتحصل في النهاية على نسبتين للمحتوى المائي W_1 % و W_2 % (لا يجب أن يكون الفرق بينهما أكبر من 2% و إلا فيجب إجراء تجربة ثالثة).

د– تحليل النتائج

حد اللدونة هو نسبة المحتوى المائي لقضيب التربة الذي ينكسر إلى أجزاء صغيرة عندما يصل قطره 3 mm .

هـ – طريقة الحساب

حد اللدونة L_P هو معدل القيمتين المحسوبتين لنسبة المحتوى المائي.

تلخص النتائج في الجدول الموالي:

رقم التجربة	1		2		3 إذا لزم الأمر	
الوزن الكلي المبلل.....						
الوزن الكلي الجاف.....						
وزن الإناء.....						
وزن الماء.....						
وزن التربة جافة.....						
نسبة المحتوى المائي.....						
المعدل						

و – الإحتياطات

– يجب أن تتم عملية تكوين القضبان بالعجن البطيء لكي لا تتكوّن بطريقة غير منتظمة أوتكون فارغة من الداخل.

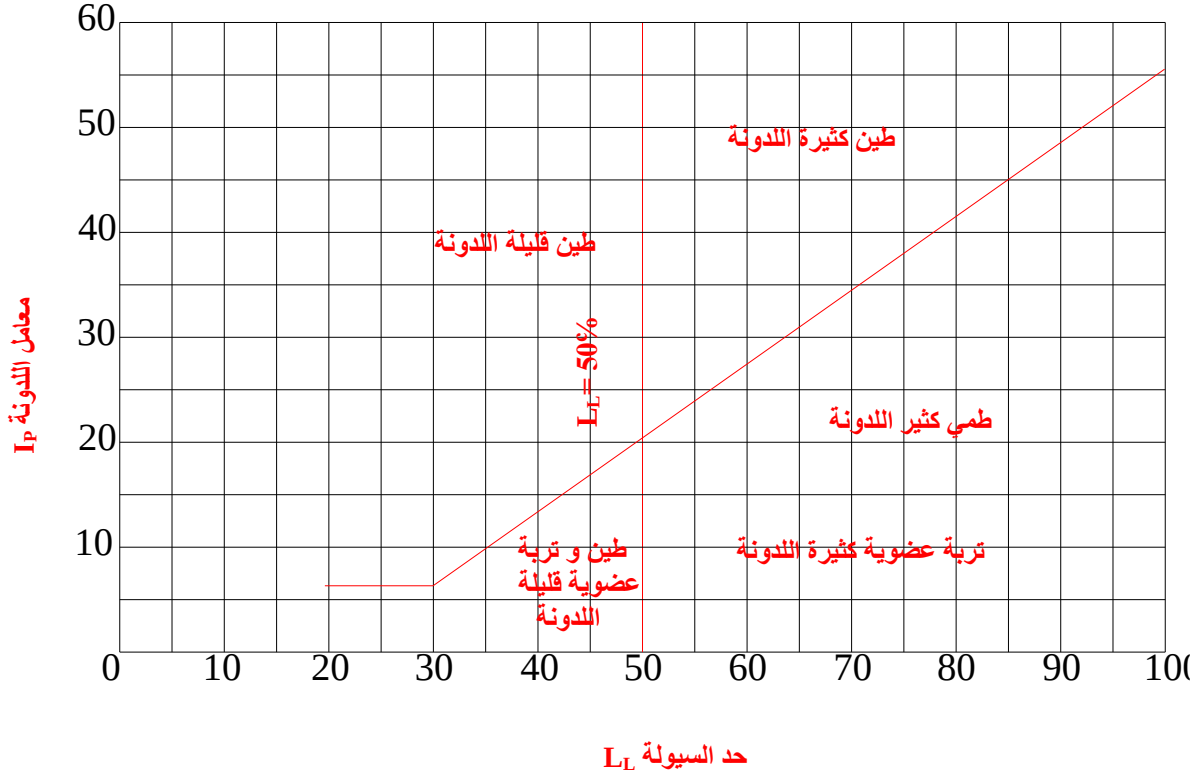
3– دليل اللدونة

هو الفرق بين حد السيولة و حد اللدونة و يقيس طول المجال اللدن الذي نستطيع فيه تشكيل التربة. $I_P = L_L - L_P$

و لقد وجد كازاقرند أثناء دراسته لبعض أنواع التربة علاقة تجريبية من نوع:

$$I_P = 0.73(L_L - 20)$$

تصنيف الأتربة الناعمة



4 – حد الإنكماش

أ– الأدوات و اللوازم المستعملة

صحون (Coupelles).

ميزان دقيق ، مجفف.

صفيحة زجاجية.

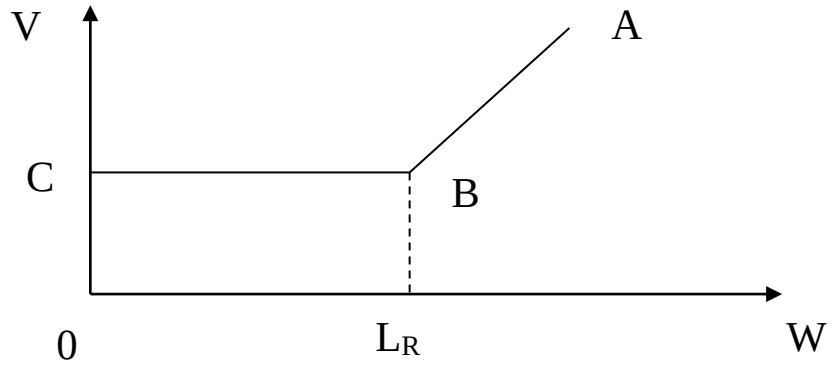
الزئبق (Mercure).

مَبْلَرة (Cristallisoir).

ب– الطريقة العملية

المبدأ

ما دامت نسبة المحتوى المائي للعينة (W) أقل من حد الانكماش ($L_R > W$) فإن حجم العينة ثابت وتمثيله البياني موازٍ لمحور الفواصل ، ليزيد بزيادة المحتوى المائي واجتياز حد الانكماش فيصبح المنحنى مستقيما مائلا .



نعين القطع المستقيمة **AB** و **BC** بنقاط تجريبية (ثلاثة بالنسبة لـ **AB** و اثنتان بالنسبة لـ **BC**).

ننطلق من النقطة(**A**)الموافقة لكمية الماء : e_A ، الحجم V_A و الوزن P_A.

نصل إلى النقطة(**C**) الموافقة لكمية الماء : e_C ، الحجم V_C و الوزن P_C.

المراحل

[] نأخذ عينة من التربة المحضرة كما سبق ذكره ونكوّن منها عجينة قابلة للتشكيل و بحيث يمكن وضعها في صحون.

[] نملأ صحنا بالعجينة و نسوي السطح الخارجي.

إنطلقنا من النقطة (**A**) إذن يجب تعيين P_A و V_A.

P_A : ينتج عن وزن الصحن فارغا ثم مملوءا.

$$V_A = \frac{P - P'}{M_V}$$

حيث : **P** : وزن الصحن مملوء بالزئبق.

P' : وزن الصحن فارغا.

M_V : الكتلة الحجمية للزئبق.

[] نجفف العينة تماما في الهواء الطلق لمدة **12** ساعة ثم في المجفف لمدة **24** ساعة تحت درجة حرارة **105 ° C**

[] عند الوصول إلى النقطة (**C**) نحتاج لـ P_C و V_C.

V_A: ينتج عن وزن الزئبق الذي يملأ الصحن(نغطي الصحن بصفيحة زجاجية).

– لتعيين P_C نستعمل نفس الطريقة المستعملة لحساب P_A أو نزن مباشرة العينة المجففة بعد نزعها كلية من الصحن.

– نتحصل على V_C بالطريقة التالية :

[] نملأ تماما مبلرة من الزئبق يمكنها استيعاب العينة المجففة و لكنها أكثر عمقا.

[] نسوي السطح بصفيحة زجاجية مزودة بثلاثة مسامير (pointes) دورها غرس العينة في الزئبق.

[] توضع هذه المبلرة مملوءة تماما في إناء آخر مسطح و ندخل العينة في الزئبق بواسطة مسامير الصفيحة الزجاجية.

[] نزن الزئبق الخارج و نقسم على الكتلة الحجمية للزئبق.

ج- النتائج

ننجز ثلاث تجارب في نفس الوقت على نفس العينة في ثلاثة صحون مختلفة (لا يجب أن يكون الفرق بينها أكبر من 2% و إلا فيجب إعادة التجربة).

و النتائج تكون ملخصة في جدول كالتالي:

$$L_R = \frac{(P_A - P_C) - (V_A - V_C)}{P_C} \times 100$$

د- تحليل النتائج

رقم التجربة	1	2	3
الوزن الكلي المبلل ..... P_1			
وزن الصحن ..... P_0			
..... $P_A = P_1 - P_0$			
الوزن الكلي الجاف..... P_C			
..... $P_A - P_C$			
..... $V_A = \frac{P_A - P_C}{M_V}$			
وزن الزئبق الخارج..... P_2			
..... $V_C = \frac{P_2}{M_V}$			
..... $V_A - V_C$			
..... $(P_A - P_C) - (V_A - V_C)$			
L_R			
المعدل			

اعتمادا على النتائج المحصل عليها يمكن حساب حد الانكماش بالعلاقة التالية :

V – مكافئ الرمل
Equivalent de sable

تمهيد

إن كل الحبيبات تحتوي على نسبة معينة من الشوائب و التي يكون تأثيرها سلبيا على خصائص الخرسانة أو التربة و لهذا يجب مراقبة هذه النسبة بحيث لا تتجاوز الحدود المسموح بها.

تعريف

تحديد مكافئ الرمل يكشف وجود العناصر الناعمة في الرمل و يبين تأثيرها من خلال معامل يسمى معادل التكافؤ الرملي(Equivalent de sable).

الهدف من التجربة

الهدف من هذه التجربة هو تعيين نقاوة الرمل الداخل في تكوين الخرسانة و كذلك بالنسبة للتربة من خلال التعرف على نسبة الشوائب و بالتالي معرفة مجالات استعماله.

سير التجربة

1– تحضير العينة

– نأخذ كمية من الرمل المبلل تكون موافقة ل **120 g** من الرمل الجاف و بالتالي نقوم بحساب نسبة المحتوى المائي للرمل (W) و نزن **120 (1 + W)**.

تتم عملية غربلة العينة في غربال **5mm** و ذلك بغسل الرمل في الغربال فوق إناء أكبر منه ثم نترك العينة تترسب.

2– المواد المستعملة للغسل

– نستعمل محلولا خاصا يتمثل في إضافة **125 cm^3** من محلول مركز إلى **5 L** من الماء المقطر.

– يتكون **1L** من المحلول المركز من :

(111 ± 1) g من **$Ca\ Cl_2$** (chlorure de calcium).

(480 ± 5) g من الغليسيرين (Glycérine).

(12 ÷ 13) g من مادة الفورمالدهيد محللة في كمية من الماء.

une solution aqueuse de Formaldéhyde

3– الأدوات و اللوازم المستعملة

أ– التجهيزات الخاصة

– مخبرات(Eprouvettes) أسطوانية شفافة من مادة بلاستيكية تحتوي على خطين معلمين و سدادات (bouchons) من المطاط.

– قمع (Entonnoir).

– إناء للغسل(Bonbonne) من الزجاج أو البلاستيك سعته **5L** مزود بسداد به فتحة (Siphon) و أنبوب مطاطي مرن طوله **1.50 m** يصل الإناء بأنبوب الغسل.

– أنبوب للغسل معدني يكون على امتداد الأنبوب المطاطي المرن.

– جهاز التحريك (Machine agitatrice) يسمح بتحريك المخبرة بفعل **90** هزة في مدة **30** ثانية.

– مكبس (Piston) مجهز بكتلة متحركة تساوي 1000g ، قطره أقل من قطر المخبرات و يحتوي على ثلاثة لوالب (Vis) مكونا مصدم المكبس (Butées).

– مسطرة طولها 500mm.

ب– التجهيزات العادية

– غربال ذو ثقوب مربعة 5 mm .

– ميزان دقيق.

– كرونومتر(Chronomètre).

– مقياس الحرارة (Thermomètre).

4– الطريقة العملية

المبدأ

– ترسيب المادة الحبيبية التي تمر من خلال الغربال 5mm داخل سائل غاسل.

– غسل العينة بالمحلول الخاص و تركها ترتاح و بعد الوقت المحدد قياس :

– الإرتفاع h_1 : إرتفاع الرمل والعناصر الناعمة معا.

– الإرتفاع h'_2: إرتفاع الرمل النظيف بالعين المجردة.

– الإرتفاع h_2 : إرتفاع الرمل النظيف بالمكبس.

المراحل

☐ نحضر الرمل بالطريقة المذكورة سابقا.

☐ نملأ المخبرة بالمحلول الغاسل حتى المعلم السفلي.

☐ نضع كمية الرمل داخل المخبرة باستعمال القمع ونطرد الفقاعات الهوائية و ذلك بضرب المخبرة بواسطة اليد و نتركها ترتاح لمدة 10 دقائق كي يتفاعل المحلول مع الرمل.

☐ نغلق المخبرة بالسداد المطاطي و نضعها في جهاز التحريك لتتعرض لحركة مستقيمة أفقية جيبية بوتيرة 90 ذهاب و إياب في مدة 30 ثانية.

☐ نغسل و نملأ المخبرة باستعمال الأنبوب الغاسل وذلك باتباع الخطوات التالية:

☐ ننزع و نغسل السداد المطاطي فوق المخبرة.

☐ ننزل الأنبوب الغاسل بتدويره بين الأصابع لغسل الجوانب الداخلية للمخبرة.

☐ نغسل الرمل بالأنبوب الغاسل بتدويره دائما بين الأصابع.

☐ نرفع الأنبوب الغاسل ببطء و انتظام و نخرج الأنبوب من المخبرة و نغلق الحنفية عندما يصل المحلول إلى المعلم العلوي.

☐ نترك المخبرة ترتاح لمدة 20 دقيقة في وضعية شاقولية مع تفادي الإهتزازات.

☐ نقيس بالنظر h_1 و h'_2 .

إن قياس h'_2 لا يكون دائما سهلا و بالتالي نلجأ للطريقة التالية:

☐ ننزل المكبس ببطء في المحلول بحيث يستند عل الحافة العلوية للمخبرة و نوقفه عندما يلامس الرمل و نقيس h_2.

☐ نسجل درجة الحرارة التي يجب أن تكون 20 ° C.

☐ نجري نفس العمليات المذكورة سابقا على مخبرتين في نفس الوقت.

ج– النتائج

– نتحصل في النهاية على القياسات التالية بالنسبة لكل مخبرة : h_1 ، h'_2 و h_2.

د– تحليل النتائج

معادل التكافؤ الرملي بالنظر (Equivalent de sable visuel ESV) هو:

$$ESV = \frac{h'_2}{h_1}$$

معادل التكافؤ الرملي(Equivalent de sable ES)

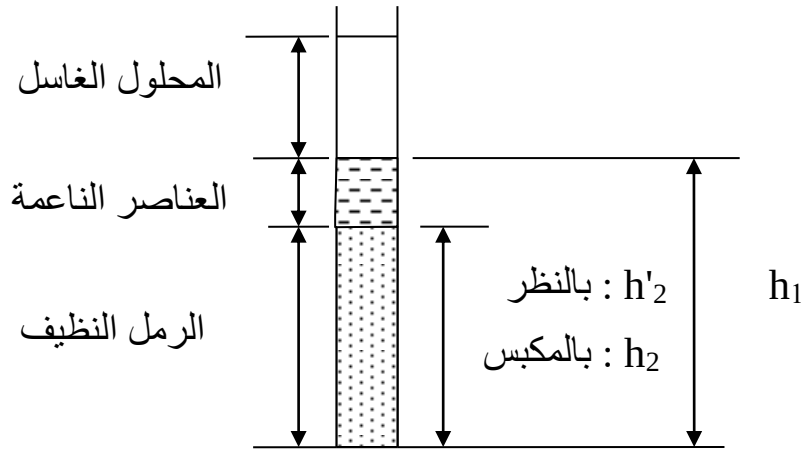
بعد القيام بالتجربتين على المخبرتين يكون معادل التكافؤ الرملي هو معدل النتيجتين المحصل عليهما.

هو : $ES = \frac{h_2}{h_1}$

هـ – طريقة الحساب

و تلخص النتائج في جدول كالتالي:

رقم المخبرة	1	2	نوعية الرمل	مجالات الإستعمال
h1				
h'2				
h2				
ESV				
ES				
معدل ESV				
معدل ES				
درجة الحرارة				



$$ESV = \frac{h'_2}{h1} \times 100$$

$$ES = \frac{h_2}{h1} \times 100$$

مجالات الإستعمال

ES	ESV	نوعية الرمل	مجال الإستعمال
$ES \prec 60$	$ESV \prec 65$	رمل طيني	يرخص استعماله في الخرسانة العادية و يستعمل في الطبقة الأساسية لقارعة الطريق (couches de base)
$60 \leq ES \prec 70$	$65 \leq ESV \prec 75$	رمل طيني نسبيا	يستعمل في الخرسانة العادية
$70 \leq ES \prec 80$	$75 \leq ESV \prec 85$	رمل نظيف	يستعمل في الخرسانة ذات القيمة العالية
$ES \geq 80$	$ESV \geq 85$	رمل نظيف جدا	يستعمل في الخرسانة الخاصة

و- الإحتياطات

- لا نعرض المخبرات الشفافة لأشعة الشمس.
- تجنيب المخبرات كل الإهتزازات الممكنة أثناء إجراء التجربة.

VI – التحليل الحبيبي
Analyse Granulométrique

تمهيد

في الكثير من أشغال البناء نحتاج لمعرفة بعض خصائص المواد المستعملة و المتمثلة في الأبعاد، الشكل، المسامية، الكتلة الحجمية،، ونسبة الشوائب في العينة المدروسة.

و التحليل الحبيبي هو أولى هذه الأبحاث، ويمثل خصائص الحبيبات و ذلك بتعيين أبعادها و النسب المئوية لكل بعد.

الهدف من التجربة

التحليل الحبيبي هو توزيع و تصنيف الحبيبات حسب أبعادها ويتم ذلك بواسطة غرابيل أو مناخل و مصافٍ على حبيبات أكبر من **0.08mm**.

يستحيل إجراء عملية الغربلة على عناصر دقيقة جدا أقل من **0.08mm** لأنها تكتب بينها وتجرى عليها عملية أخرى تسمى بالتحليل الترسبي (**Sédimentométrie**).

التجربة

1- تحضير العينة

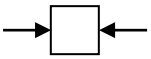
تجفف العينة تدريجيا إلى غاية **103°C** لكي لا تتغير الطبيعة الكيميائية للعينة و لكي نتجنب انفلاق الحبيبات التي تحتوي على الماء ، و يجب أن تكون الكمية المأخوذة كافية لإجراء حسابات دقيقة و نأخذ عموما:

- **M= 2000g** بالنسبة للرمل.
- **M= 5000g** بالنسبة للحصى الصغير.
- **M= 10000g** بالنسبة للحصى الكبير.
- **M= 20000g** بالنسبة للحجارة.

2- الأدوات و اللوازم المستعملة

- المجفف
- الميزان.

– مجموعة من الغرابيل(Tamis) ذات الفتحات المربعة:



– أبعاد الغرابيل : تشكل فيما بينها حدود متتالية هندسية أساسها $\sqrt[10]{10} = 1.259mm$

0.2 – 0.16 – 0.125 – 0.1 – 0.08
– 0.63 – 0.5 – 0.4 – 0.315 – 0.25 –
– 3.15 – 2.5 . 2 – 1.6 – 1.25 – 1 – 0.8
20 – 16 – 12.5 – 10 – 8 – 6.3 – 5 – 4
80 – 63 – 50 – 40 – 31.5 – 25 –

– مجموعة من المصافي(Passoires) ذات الفتحات الدائرية:

– أبعاد المصافي:

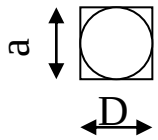
نفس الأبعاد من **0.5** حتى **100 mm**

– العلاقة بين الغربال والمصفاة

كمية المواد المارة عبر غربال تفوق الكمية المارة عبر مصفاة لهما نفس البعد (**D**) بمعامل **1.25**.

لـذا ، فـإن فتحـة مربعـة في الغـربال ذات ضـلع (**a**) تقابلها في المصفاة فتحة ذات قطر(**D**) حيث

D= 1.25a



الغربال: a (mm)	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25
المصفاة: D (mm)	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5

4– الطريقة العملية

المبدأ

نضـع سلسـلة مـن الغرابيـل فـوق بعضـها الـبعض مـن الأصغر في الأسفل إلى الأكبر في الأعلى و نمرر المادة من خلالها.

المراحل

[] نضـع الغرابيـل الواحـد فـوق الآخـر مـن الأصـغر في الأسفل إلى الأكبر في الأعلى لتكوين ما يعرف بعمود الغرابيل مع وضع إناء ذي قاعدة غير مثقوبة في الأسفل (لالتقـاط العناصـر الدقيقـة) و غطـاء في الأعلـى (لمنـع تطاير الغبار).

[] نضـع العينـة الموزونـة مسـبقا فـوق الغـربال العلـوي، نغطيه ثم نبـدأ في عمليـة الغربلـة بتحريـك عمـود الغرابيـل بسلسـلة مـن الإهتـزازات، ممـا يجعـل العينـة تتـوزع علـى مجموع الغرابيل.

[] نأخذ كـل غـربال وحـده و نضـعه فـوق إنـاء نظيـف ثم نحركه أفقيا بيد و نضربه باليد الأخرى (**120** ضربة في الدقيقة تقريبا).

[] نـزن "الـرفض" (**Refus**) في الغـربال و نفـرغ "المـار" (**Tamisat**) في الغربال الموالي أما دقة الوزن فيجب أن تكون بنسبة **0.1 %**.

[] نقوم بنفس العمليات بالنسبة للغربال الثاني:

* الرفض الجديد يوضع مع الرفض الأول.
* المار الجديد يوضع في الغربال الثالث.

ونعين بذلك الرفض المتراكم.

[] نتابع نفس العمليات إلى آخر غربال.

ملاحظة : يمكن أن تتم الغربلة تحت الحنفية ثم يوزن الرفض بعد التجفيف.

الطريقة الرطبة للغربلة

تتم الغربلة تحت الحنفية ثم يوزن الرفض الجزئي بعد التجفيف.

4- النتائج

نزن الرفض المتراكم في كل مرة و ليكن (m) ثم نعين النسب المئوية للرفض المتراكم كالتالي:

$$\text{refus} = \frac{m}{M} \times 100$$

5- تحليل النتائج

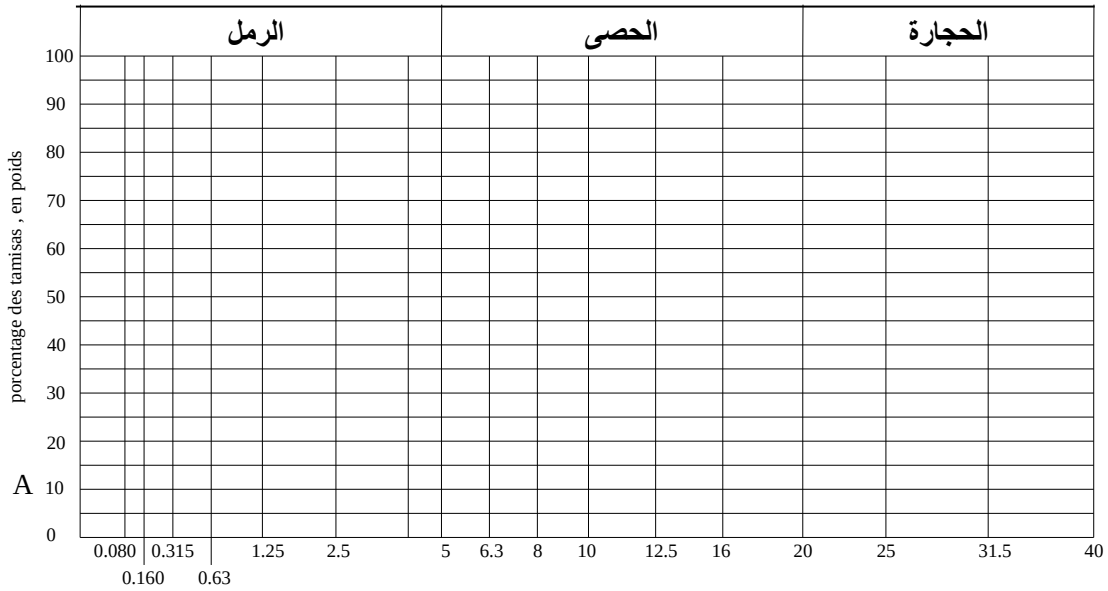
أ- طريقة الحساب

نستنتج النسب المئوية للمار المتراكم بحذف النسب المئوية للرفض المتراكم من 100 %.

تلخص النتائج في جدول كالتالي:

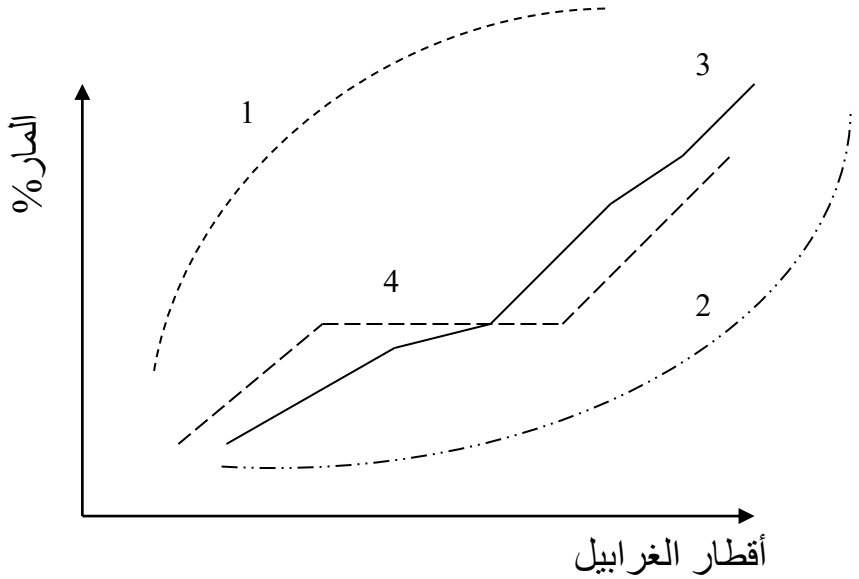
أبعاد الغرابيل (mm)	الرفض (g)	الرفض المتراكم (g)	الرفض المتراكم(%)	المار (%)
.				
.				
.				

نمثل النتائج على معلم متعامد.



- محور الفواصل : يمثل أبعاد الغرابيل (mm) بتقسيم لوغاريتمي.
- محور التراتيب: يمثل نسب المار (%).

ب – تفسير مختلف البيانات الممكنة.



المنحنى(1): يصعد بسرعة: حبيبات غنية بالعناصر الدقيقة.

المنحنى(2): يصعد ببطء:حبيبات تفتقر للعناصر الدقيقة.

المنحنى (3): حبيبات عادية.

المنحنى (4): يحتوي على عتبة غياب بعض العناصر.

جـ – التصنيف

تصنف العينات اعتمادا على نتائج تجربة التحليل الحبيبي على النحو التالي :

التسمية		أبعاد الغرابيل (mm)
رمل	دقيق	0.315 – 0.08
	متوسط	1.25 – 0.315
	خشن	5 – 1.25
حصى	صغير	8 – 5
	متوسط	12.5 – 8
	كبير	20 – 12.5
حجارة	صغيرة	31.5 – 20
	متوسطة	50 – 31.5
	كبيرة	80 – 50

د – مقياس النعومة

هو الجزء المئوي لمجموع الرفض (مأخوذ كنسب مئوية للأوزان) فوق 10 غرابيل وهي:

(80 – 40 – 20 – 10 – 5– 2.5 – 1.25 – 0.63 – 0.315 – 0.16) mm

مقياس النعومة	نوع العينة
$3.5 \leq M_f$	حصى وحجارة
$3.5 > M_f \geq 1.5$	رمل
$1.5 > M_f$	رمل دقيق جدا

هـ – الشريط الحبيبي le fuseau granulométrique

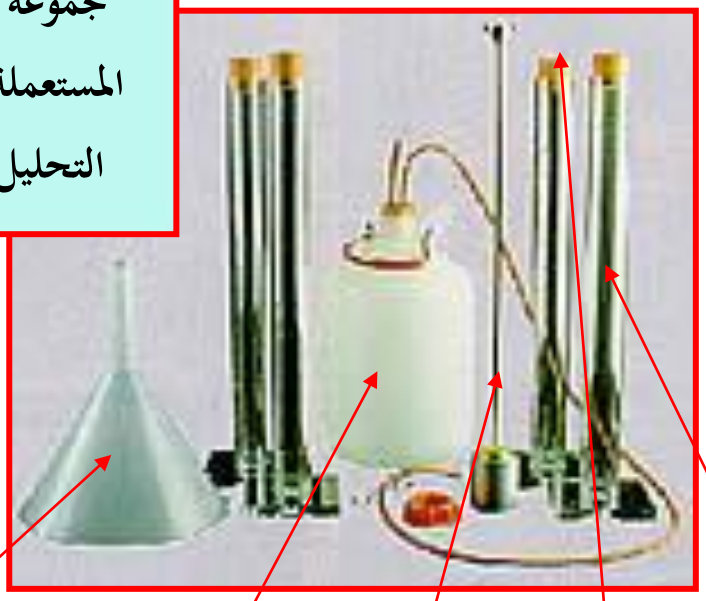
هو منطقة في المنحنى البياني محصورة بين نهايتين محددتين من طرف الشريط الحبيبي المحصور بين منحنيين نموذجيين (المنحنيات النموذجية تعين تجريبيا).

6– الإحتياطات

للمحافظة على سلامة الغرابيل تجزأ العينة كمايلي :

الأبعاد(mm)	20	12.5	8	5	2.5	1.25	0.63	0.315	0.16	0.08
قـــدرة تحمـــل الغربال(g)	2350	1300	850	620	400	260	200	130	100	70
الرفض الأقصى للغربال(g)	1200	640	450	330	220	140	100	70	50	30

مجموعة الغرابيل
المستعملة في تجربة
التحليل الحبيبي



أنبوب سداد مطاطي مكبس قارورة المحلول الغاسل قمع

الوسائل المستعملة في تجربة مكافئ الرمل

جهاز كازاغراند أداة الشق بنوعيها

الأدوات المستعملة في تجربة حد السيولة

VII – مبادئ في الطبوغرافيا

1 – تعريف الطبوغرافيا

مصدر الكلمة يوناني من كلمتين ، ***topos*** أي مكان و ***graphein*** أي وصف ، فالطبوغرافيا هي تقنية تمثيل أشكال الأرضية على مخططات مع إبراز كل التفاصيل الطبيعية (مجاري مائية ، أشجار ،....) و الاصطناعية (منشآت ، طرق ، ...).

مجالات تطبيق الطبوغرافيا

تستعمل تقنيات الطبوغرافيا في عدة مجالات وعلوم مثل الجغرافيا والجيولوجيا و الجيوديزيا و توظِّف لذلك معارف في الرياضيات و الفيزياء وعلم الفلك . و ما يهمُّنا في كل هذا هو تطبيقات الطبوغرافيا في الهندسة المدنية و فيما تساعد تقنياتها على معرفة الأرضية من حيث الشكل و النظر في طرق توقيع المنشآت .

و يطمح المهندس المدني أو التقني المختص في الطبوغرافيا في نفس المجال إلى اكتساب بعض المهارات في الطبوغرافيا مثل :

– قراءة المخططات الطبوغرافية إذ تشكل هذه الأخيرة السند الأول الذي يستعمل في دراسة موقع المنشأ .

– الطبومترية **topométrie** التي هي حقيقةً ما يعرفه المهندس المدني عن الطبوغرافيا ، فبها يكون قادرا على القيام بكل العمليات الميدانية المتعلقة بمعرفة أشكال الأرضية و بدراسة موقع المنشأ ، فتتجسد كل هذه العمليات فيما يعرف بالقياسات الطبومترية .

2 – القياس الطبومتري

ماذا نقيس ؟

إن الأرضية فضاء ثلاثي الأبعاد تُستعمل في دراسته مصطلحات خاصة ليس مثل أي جسم تؤخذ قياساته وفق طولٍ و عرضٍ وارتفاعٍ ، بل يدرس شكل الأرضية بالنظر في تباعد نقاطه في الاتجاهين الأفقي و الشاقولي حيث نقيس ما يلي :

المسافات الأفقية

حيث يصبح الطول والعرض ، البعدين اللذين يعرِّفان المستوي الأفقي ، مسافات أفقية بين نقاط الأرضية مثلما هو مبين في الشكل (1) فإن المسافة الأفقية بين النقطتين **O** و **P** هي طول الضلع $\overline{OP} = D_1$ و المسافة الأفقية بين النقطتين **O** و **R** هي طول الضلع $\overline{OQ} = D_2$ حيث أن النقطة **Q** هي نقطة وهمية توجد على الشاقول الذي يمر بالنقطة **R** و تنتمي في الوقت ذاته إلى المستوي الأفقي الذي يحتوي على النقطة **O**.

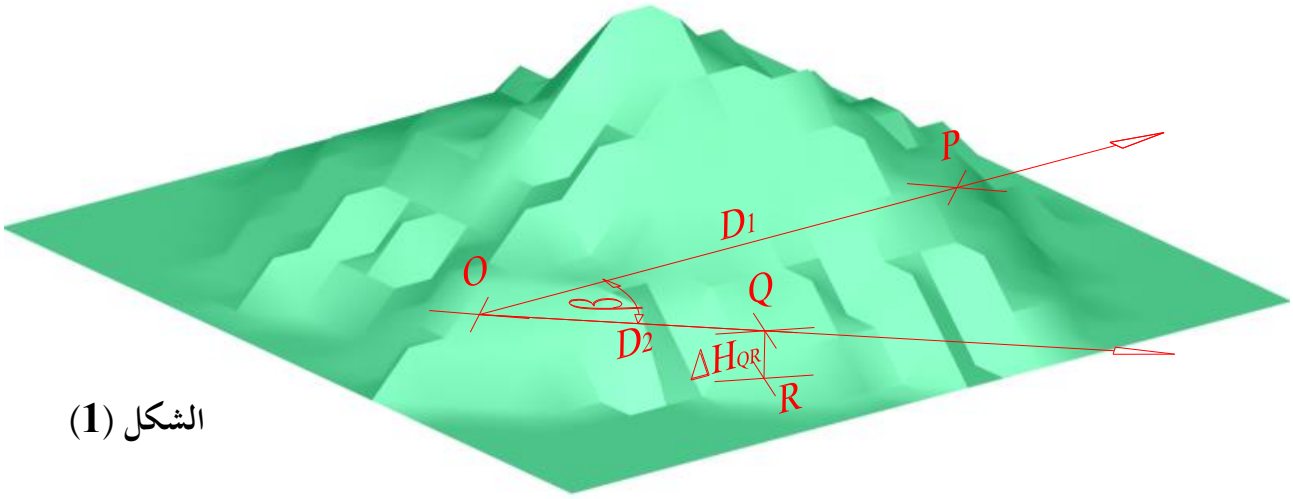
الوحدة الأساسية المستعملة في قياس المسافات الأفقية هي المتر **Le Mètre** .

زوايا أفقية

ترسُم لنا المسافات الأفقية التي نقيسها بين نقاط الأرضية أضلاعا تُشكل حواملها زوايا في المستوي الأفقي تعرف بالزوايا الأفقية يُرمز لها عموما بالحرف **b** و تستعمل في قياسها وحدة الغراد le Grade .

المناسيب

تصبح الارتفاعات فروقا بين ارتفاعات نقاط الأرضية أو ما يسمى بفروق المناسيب ، فمنسوب نقطة من نقاط الأرضية هو ارتفاعها بالنسبة لمستوى مرجعي يستعمل كسند لمعرفة ارتفاعات كل نقاط منطقة ما و يؤخذ عموما مساويا لمستوى الصفر الذي يطابق المستوى المتوسط للبحار المغلقة التي تتصف بضعف ظاهرتي المد و الجزر فيها ، فإن فرق المنسوب بين النقطتين **O** و **R** هو فرق الارتفاع بين النقطتين **R** و **Q** المقاس على الشاقول الذي يحتويهما بوحدة المتر Le Mètre.



الشكل (**1**)

القياس المباشر و غير المباشر

إن القياس فعل يتكرر كثيرا في حياة الإنسان ، فيقوم به كلما أراد أن يُقيِّم شيئا كذكائه مثلا أو أن يعرف صِغر أو كِبر مقدار مثل قياسات الأجسام أو كتلتها أو أن يقدر أهمية ظاهرة مثل سرعة الحركة أو تسارعها ، و الأمثلة لا تُعدّ حيث يكاد يكون القياس أساس المعارف و خاصة التقنية منها . و لا يتوفر عند الراغب في القياس سِوى طريقتين هما ، قياس مباشر و آخر غير مباشر .

القياس المباشر Mesure directe

هو القياس الذي تطابق فيه أداة القياس المقدار المراد قياسه ، فنحصل على نتيجة القياس بوحدة المقدار بقراءة مباشرة على الأداة ، فيمكن أن تكون الأداة نفسها موضوع قياس لمعايرتها مثلا أو التحقق من صحَّتها .

مثال :

– المقدار المقاس : طول صفحة كراسك .

– الأداة : مسطرة مدرجة بالميليمتر ومرقمة بالسنتمتر.

– وحدة القياس : السنتمتر cm.

هنا للمسطرة و للبعد الأكبر من الصفحة طول فالأداة تطابق المقدار ، و حتى إذا كانت مسطرتك قصيرة ولجأت إلى القياس مرّتين فيبقى القياس مباشرا .

القياس غير المباشر Mesure indirecte

هو القياس الذي لا تطابق فيه بين أداة القياس و المقدار المراد قياسه ، فالحصول على نتيجة القياس بوحدة المقدار يتم ، إما بقراءة مباشرة على الأداة و الفضل يعود هنا إلى الأداة و تطورها أو بقراءة أو أكثر لقياسات بوحدات أخرى تعطينا بعد الحساب نتيجة القياس بوحدته .

مثال :

– المقدار المقاس : مساحة صفحة كراسك .

– الأداة : مسطرة مدرجة بالميليمتر ومرقمة بالسنتمتر.

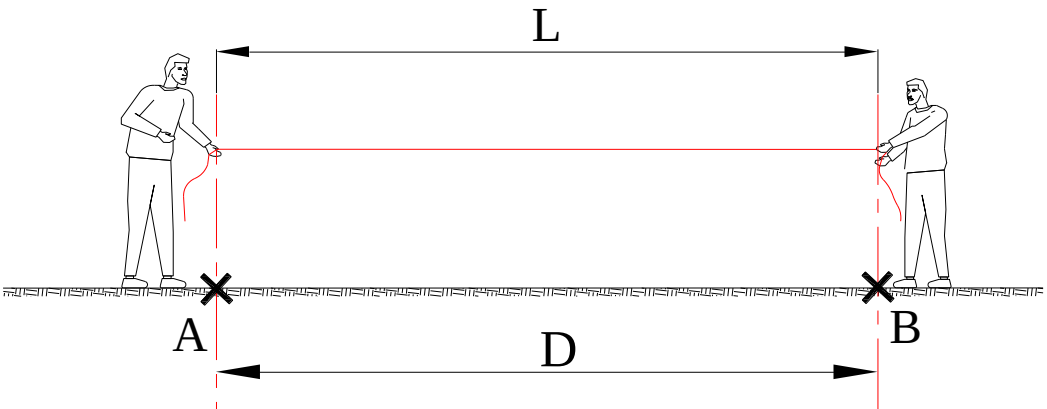
– وحدة القياس : السنتمتر المربع cm^2.

هنا ليس للمسطرة مساحة يمكن تطبيقها على الصفحة لقياس مساحتها ، فيجب أوّلا قياس سنتمترات للطول والعرض ثم حساب : $cm \times cm = cm^2$

3 –قياس المسافات

القياس المباشر : يكفي للقياس المباشر مدُّ شريط ديكامتري ، فيكون الطول **L** لقطعة الشريط الممدودة بين النقطتين **A** و **B** مساويا للمسافة الأفقية **D** المحصورة بين **A** و **B** .

ملاحظة : يستحسن تخصيص هذه الطريقة للأرضيات المستوية الأفقية أو ذات الميل غير الملحوظ وقليلة التذبذب .



القياس غير المباشر : يعتمد القياس غير المباشر للمسافات الأفقية على استعمال أجهزة تعرف بالأجهزة الطبوغرافية و منها الأجهزة البصرية التي تعرف استعمالا واسعا في القياس الطبومتري .

– تستعمل الأجهزة البصرية محمولة بثلاثيات أرجل لتثبيتها و التمكن من التصويب أو الرصد نحو قامة (Mire أو Stadia) ثم قراءة ما تحمله هذه الأخيرة من أرقام وتدريجات عبر منظار ذي عدسات مكبِّرة .

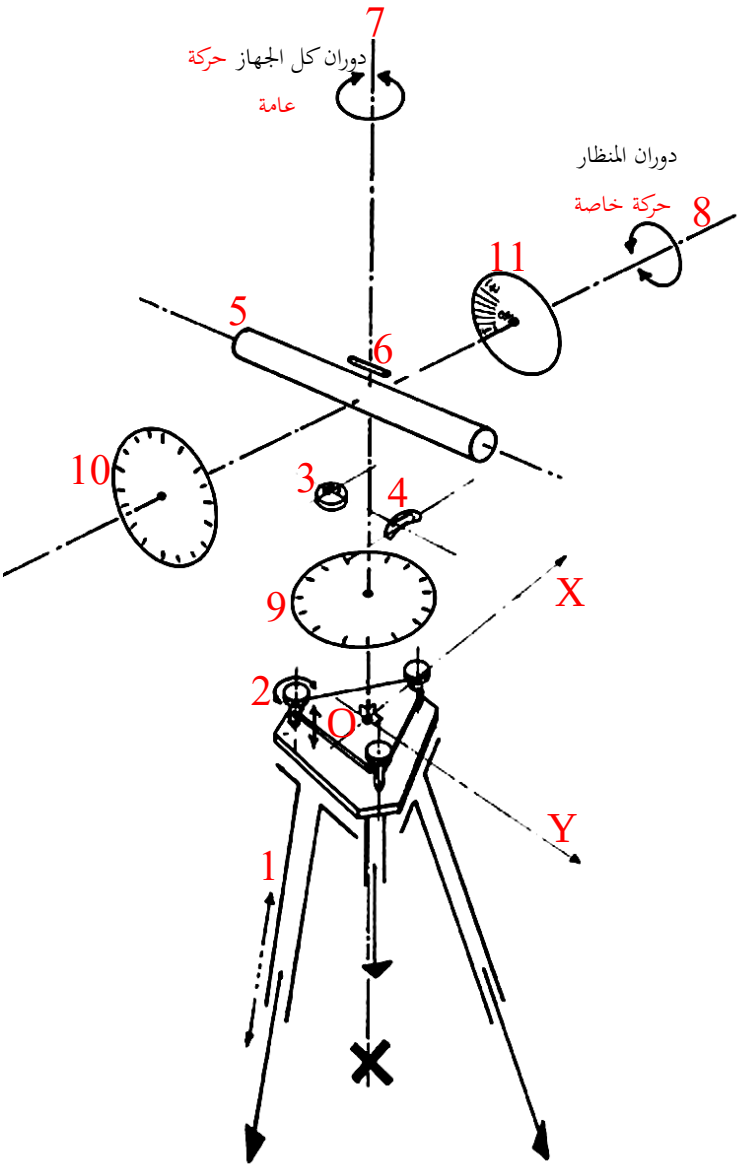
– الأجهزة البصرية الأكثر استعمالا هي :

– جهاز التسوية le Niveau .

– المزولة le Théodolite .

– التاكيومتر ذاتي الاختزال le Tachéomètre auto-réducteur .

الرسم المبدئي للأجهزة الطبوغرافية



تتميز الأجهزة الطبوغرافية عموما بما يلي :

ثلاثي الأرجل Trépied 1 : ذو أرجل قابلة للانفراج و طول متغير مما يمكن ضبط وضعية الجهاز حتى في الأرضيات المائلة كثيرة التذبذب .

براغي الضبط Vis calantes 2 :

يُحدِث تدويرها حركة لقاعدة الجهاز نحو الأعلى أو الأسفل و بما أن ثلاث نقاط تعيّن نقطة ومستقيما و بالتالي مستويا فيمكن ضبط المستوي XOY في وضعية أفقية تامة .

المسوّيات Nivelles :

3 كروية الشكل sphérique تستعمل في الضبط السريع لوضعية الجهاز باستعمال الأرجل و **4** طوقية الشكل torique للضبط الدقيق باستعمال براغي الضبط .

المنظار Lunette 5 محوره أو محور عدساته يطابق خط الرصد و يعلوه عموما **سدَّاد Viseur 6** للرصد الأولي لتفادي بحثٍ عشوائي للقامة إذ الصورة غير واضحة .

المحاور Axes : المحور **7** يُضبط في وضعية شاقولية يدور حوله الجهاز كله فيما يعرف بالحركة العامة ،

و المحور **8** يضبط أفقيا ويدور حوله المنظار في مستو شاقولي مؤديا ما يعرف بالحركة الخاصة .

دائرات الزوايا Limbes هي دائرات تحمل تدريجات الزوايا الأفقية **9** والزوايا الرأسية **10** فتكون ظاهرة أو مدمجة داخل الجهاز فتخصص في هذه الحالة عيْنية لقراءة الزوايا بجانب عيْنية المنظار .

دائرة الميل Cercle des pentes 11 مدمج عموما في الأجهزة المختزلة ذاتيا .

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
جهاز التسوية	X	X X	X		X	X	X		X		
المزولة	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
التاكيومتر	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

X X إن لم تكن براغي ، فهنالك أنظمة أخرى لها نفس الفعالية .

مبدأ القياس : يعتمد عموما قياس المسافات بالأجهزة البصرية على مبدأ واحد هو مبدأ القياس الستاديمتري

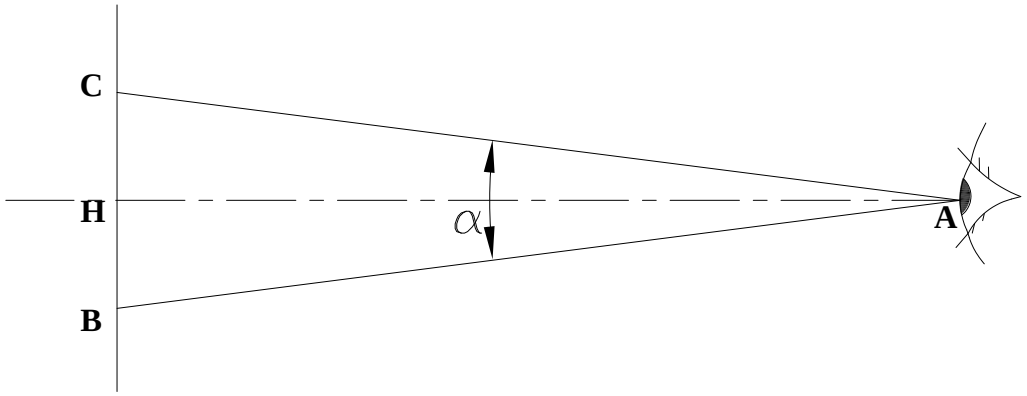
la mesure stadimetrique أو بمعنى القياس على القامة ، حيث لدينا العلاقات الآتية .

– في المثلث القائم **AHC**

- $AH = \dfrac{CH}{tg\dfrac{\alpha}{2}}$

– في المثلث القائم **AHB**

- $AH = \dfrac{HB}{tg\dfrac{\alpha}{2}}$



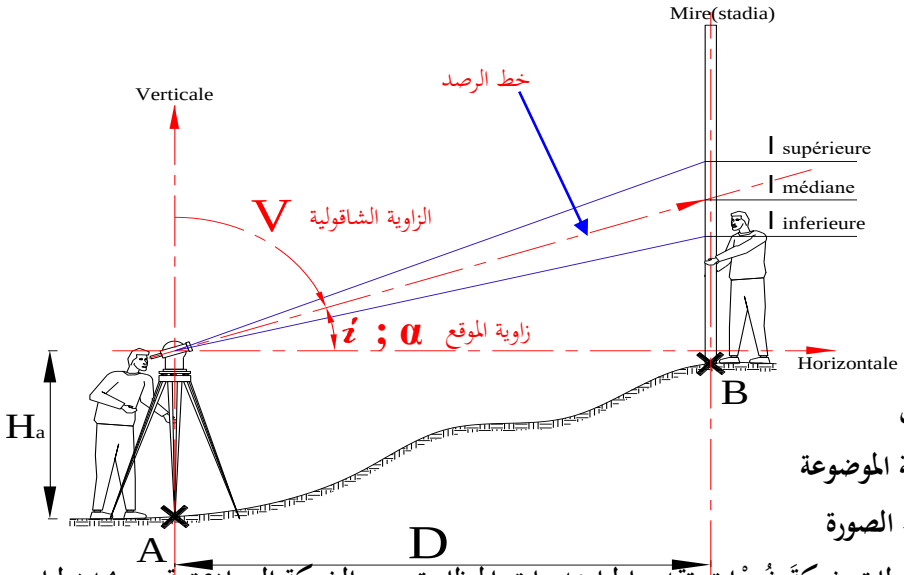
– إذا $AH = \dfrac{CH}{tg\frac{\alpha}{2}} = \dfrac{HB}{tg\frac{\alpha}{2}} = \dfrac{CH+HB}{2tg\frac{\alpha}{2}} = \dfrac{CB}{2tg\frac{\alpha}{2}}$

– و تم الاتفاق على أن تؤخذ قيمة $tg\dfrac{\alpha}{2}$ مساوية $\dfrac{1}{200}$

– و نحصل على $AH = \dfrac{CB}{\frac{1}{100}} = CB \times 100$

خلاصة : ينصُّ مبدأ الستاديمتر على أن المسافة الفاصلة بين عين الناظر المستعمِل للجهاز و القامة التي يقع عليها خط الرصد بالتعامد معها ، تعادل طول قطعة القامة المحصورة بين قراءتين (سفلية و علوية) مضروبا في ثابتٍ يحرص صُنَّاع الأجهزة على أن يكون معادلا **100** .

طريقة القياس



لقياس مسافة أفقية **D** بين نقطتين **A** و **B** قياسا غير مباشر بجهاز بصري نضع الجهاز على إحدى النقطتين ، مثلا النقطة **A** ، فنقول أننا اتخذناها كمحطة للجهاز .

ثم نقوم بضبط وضعية محاوره و تقييدها بالاتجاهين الأفقي و الشاقولي . بعد ذلك نصوب نحو القامة الموضوعة في النقطة الأخرى هنا النقطة **B** مع محاولة ضبط الصورة و توضيحها قدر المستطاع للتمكن من قراءة ما يطابق شبكةَ شُعيْرات تقدمها لنا عدسات المنظار تسمى الشبكة الستاديمترية .– يحدد لنا خط الرصد زاويتين بالغتي الأهمية هما زاوية الموقع **angle de site** **"i "** المحصورة بين خط الرصد و الأفق ، و الزاوية الشاقولية أو الرأسية **angle vertical** أو **zénithal** **"V"** المحصورة بين خط الرصد و شاقول المكان فهذه الأخيرة هي الوحيدة التي يمكننا قراءتها

في الجهاز حيث تُستنتج " i" من العلاقة $V + i = 100\ gr$ فحسب أنواع الأجهزة المستعملة نصادف عدة حالات تختلف باختلاف طريقة الرصد أو التصويب والقراءات التي نقوم بها للحصول على المسافة الأفقية .

جهاز التسوية

القامة : بطول 4m التدريج cm و الترقيم dm

الرصد : أفقي $V = 100\ gr$

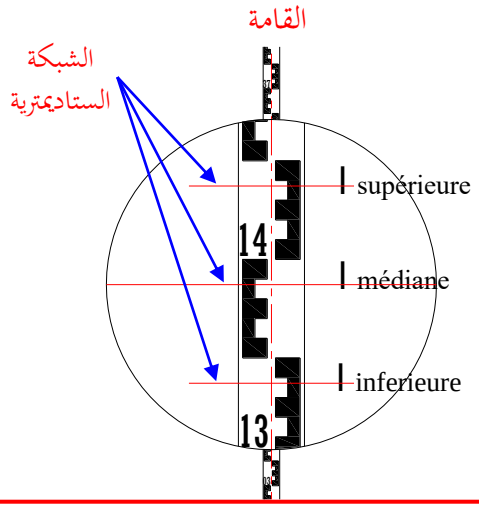
القراءات : قراءة عليا l sup : lecture supérieure

قراءة سفلى l inf : lecture inférieure

حساب المسافة :

$$D = (l\,\text{sup} - l\,\text{inf}) \times K \quad K=100$$

$$D = (1.437 - 1.338) \times 100 = 9.90m$$



جهاز المزولة

القامة : نفس القامة المستعملة مع جهاز التسوية

الرصد : مائل أو كيفي $V \neq 100\ gr$

القراءات : قراءة عليا l sup : lecture supérieure

قراءة سفلى l inf : lecture inférieure

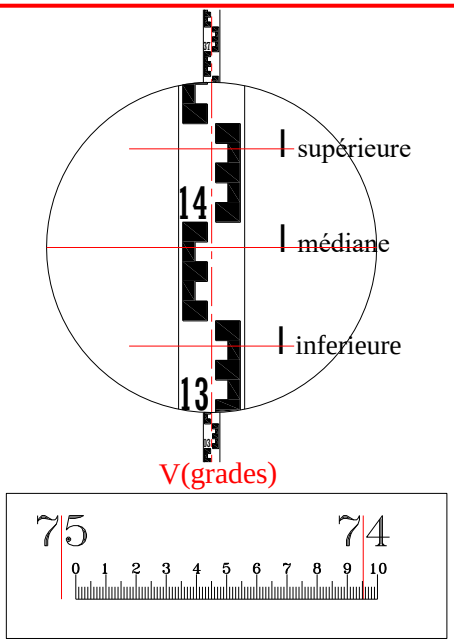
الزاوية الشاقولية V

حساب المسافة :

$$D = (l\,\text{sup} - l\,\text{inf}) \times K \times \sin^2 V \quad K=100$$

$$D = (1.437 - 1.338) \times 100 \times \sin^2 74.955$$

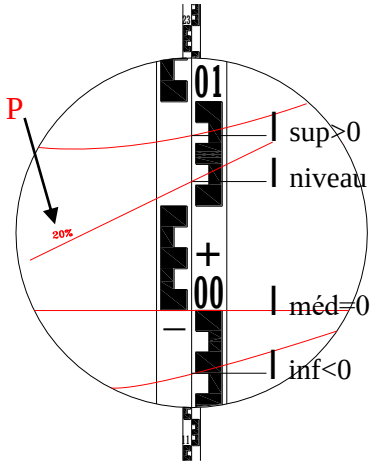
$$D = 8.44m$$



جهاز التاكيومتر ذاتي الاختزال

هو على العموم جهاز مصمم بحيث يعفى المستعمل من إجراء التعديل الذي لا بد منه في غيره من الأجهزة و هذا عند الرصد المائل فنكتفي بقراءات على القامة دون اللجوء إلى قراءة الزوايا الشاقولية .

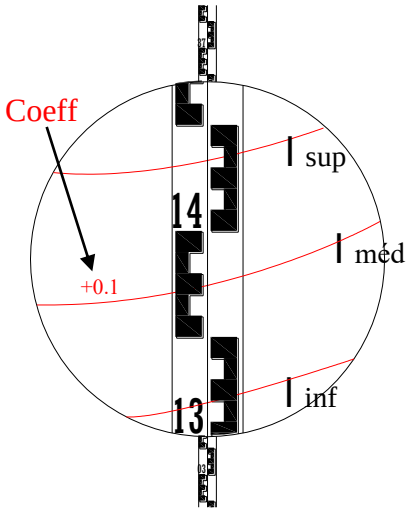
و يتوفر هذا الجهاز بنوعين يتبعان نظامين مختلفين نميز بينهما في الرسمين المقابلين .



جهاز DAHLTA 020B حيث تحسب المسافة الأفقية بالعبارات الآتية

$$D = (l\,\text{sup} - l\méd) \times 100$$

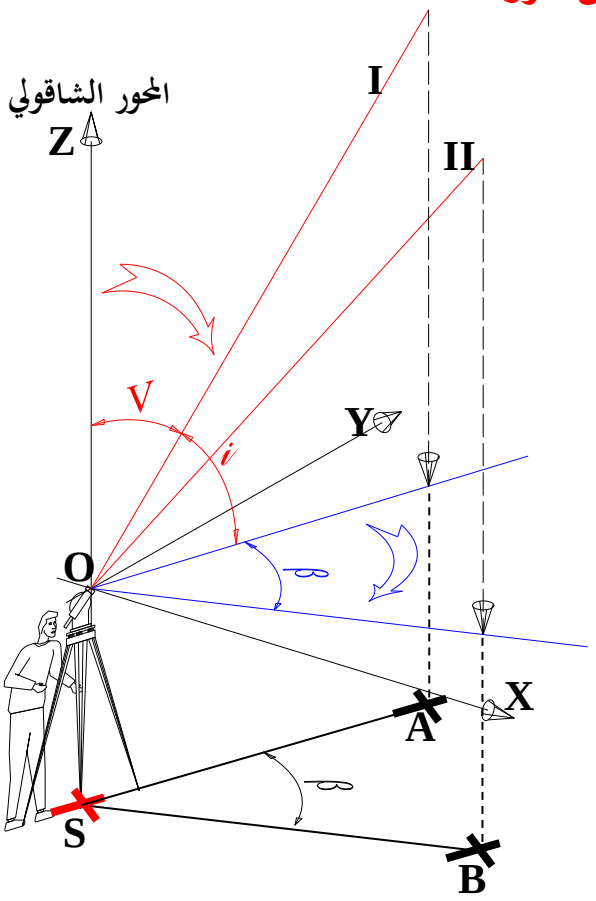
أو $D = (l\méd - l\,\text{inf}) \times 100$



جهاز RDS حيث تحسب المسافة الأفقية بالعبارة الآتية

$$D = (l\,\text{sup} - l\,\text{inf}) \times 100$$

4 – قياس الزوايا



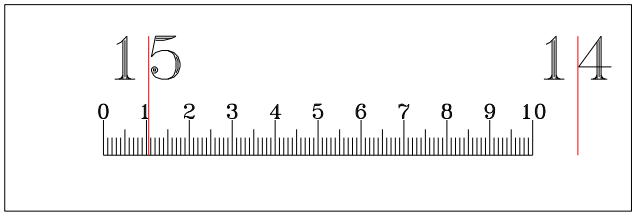
كما رأينا في الفقرات السابقة فمن الأعمال التي يقوم بها الطبوغرافي في الميدان هناك قياس الزوايا منها زوايا أفقية بين اتجاهات الأضلاع المعينة بنقاط الأرضية ، وأخرى شاقولية يحددها خط الرصد فتكون زاوية رأسية بشاقول المكان كمصدرٍ للزوايا أو زاوية موقع بالأفق كمصدر .

قياس الزوايا الأفقية

لقياس الزاوية الأفقية β المشكلة بين الضلعين SA وSB باستعمال جهاز بصري نضع هذا الأخير على رأس الزاوية S ثم نصوب نحو النقطتين A و B لإجراء قراءات على دائرة الزوايا الأفقية فنقرأ ما يلي:

– على النقطة A نقرأ قيمة Hz

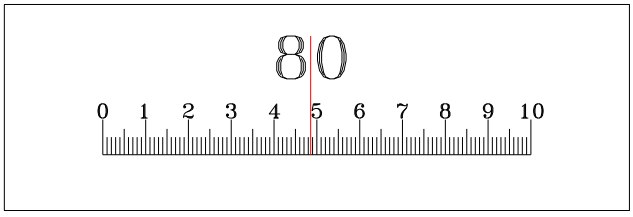
Hz(grades)



مثلا : $Hz_A = 15.105gr$

– على النقطة B نقرأ قيمة Hz

Hz(grades)

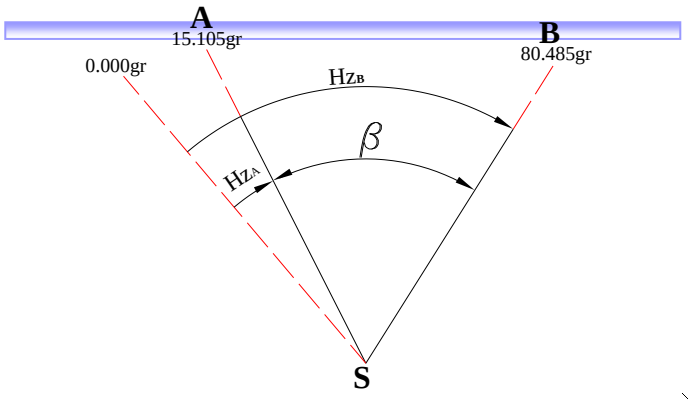


مثلا : $Hz_B = 80.485gr$

و لحساب الزاوية β يجب العلم أن تغير الزوايا الأفقية في الجهاز يكون موجبا عندما يدور هذا الأخير في اتجاه دوران عقارب الساعة .

– إن دقة العمل الميداني مرتبطة أساسا بدقة الحركات التي يقوم بها التقني و ينعكس ذلك على صحة نتائج قياسه .

فبضبط محاور الجهاز (OZ,OY,OX) ضبطا جيدا نضمن حركة عامة في مستو أفقي و بالتالي حركة خاصة في مستو شاقولي



تماما .

فبالتالي :

$$\beta = Hz_B - Hz_A$$

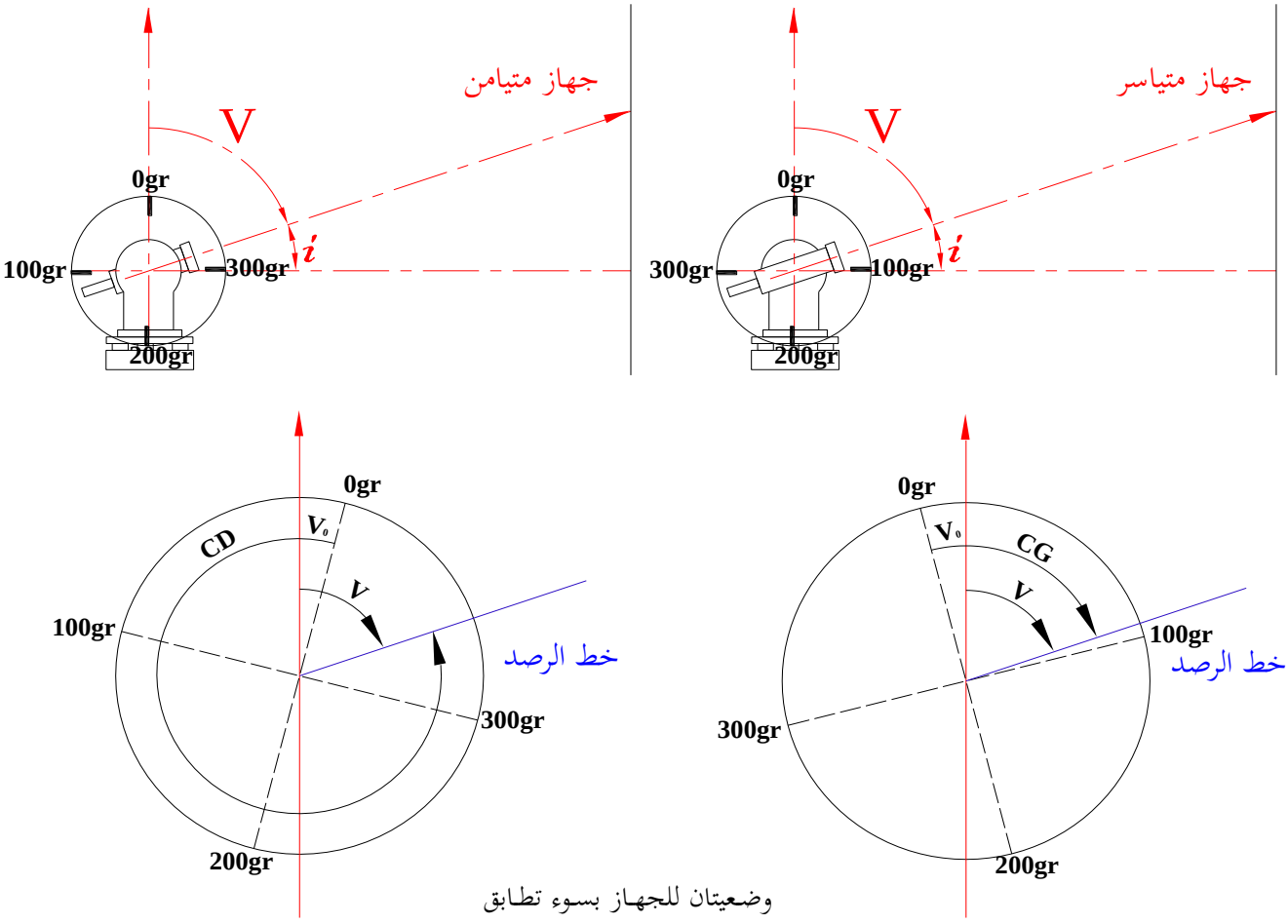
في المثال :

$$\beta = 80.485 - 15.105 = 65.380\ gr$$

قياس الزوايا الشاقولية

يبدو من الواضح أن كل ما في الأمر لقياس زاوية شاقولية هو القيام بقراءة على الدائرة الشاقولية للزوايا الموجودة في جهازي التيودوليت و التاكيومتر و من الأوضح مما سبق ، أن جهاز التسوية يعجز عن فعل ذلك لانعدام هذه الدائرة فيه .

و ما يجب معرفته هو أن الأجهزة المحتوية على دائرة شاقولية للزوايا تستعمل عموما في وضعيتين تجعل من القراءة **100gr** تكون تارة إلى الأمام ونقول أن الجهاز متياسر أي أن عند الاستعمال تكون الدائرة على يسار المنظار **cercle gauche** و بما أن التطابق بين المحور **Z** للجهاز و شاقول المكان غير مطلق إذ يشكلان زاوية V_0 فالزاوية المقروءة ليست **V** بل **CG** ، وتارة أخرى تكون **100gr** إلى الخلف لكون الدائرة على اليمين و هنا الجهاز متيامن **cercle droit** و الزاوية المقروءة هي **CD**



وضعيتان للجهاز بسوء تطابق

مبالغ فيه لإبراز الزاوية V_0

ومن الشكلين أعلاه يسهل استنتاج قيمة **V** بدلالة قيمتي **CG** و **CD** حيث :

- في الجهاز المتياسر $V = CG - V_0$ **(1)**
- في الجهاز المتيامن $V = 400 - CD + V_0$ **(2)**

ثم بجمع العبارتين نجد :

$$(2) + (1) \Leftrightarrow \boxed{V = \frac{400 + CG - CD}{2}}$$

ملاحظة : يتم تحويل الجهاز من الوضعية المتياسرة إلى الوضعية المتيامنة بحركة خاصة للمنظار (200gr) ثم حركة عامة للجهاز (200gr) .

حيث يحسب V_0 بالعبارة الآتية : $(2) - (1) \Leftrightarrow V_0 = \frac{CD + CG - 400}{2}$

5 – التسوية Le nivellement

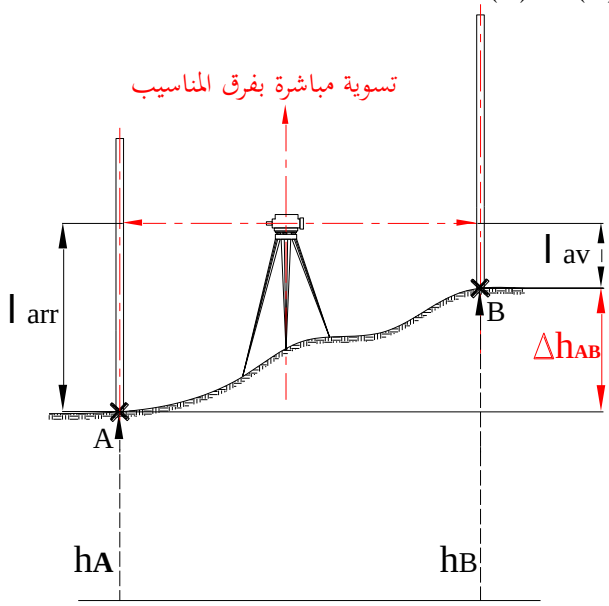
تهدف التسوية إلى معرفة مناسيب نقاط الأرضية حيث نجد منسوب نقطة **B** مثلا بالنسبة للمنسوب المعلوم لنقطة أخرى **A** مثلا تسمى المعلم فإذا كان :

– h_A هو منسوب المعلم **A** .

– h_B هو منسوب النقطة **B** .

– و Δh_{AB} فرق المنسوب بينهما .

فإن $h_B = h_A + \Delta h_{AB}$



التسوية المباشرة

الجهاز المستعمل فيها هو جهاز التسوية و تُعتمد فيها طريقتان :

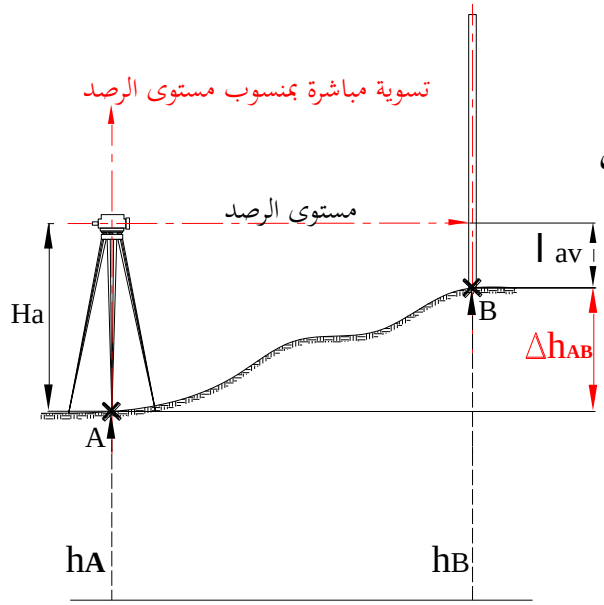
– التسوية المباشرة بطريقة فروق المناسيب حيث يوضع الجهاز على نقطة يمكن فيهارصد القامة التي توضع على المعلم **A** فتكون نقطة خلفية لعملية قياس Δh_{AB} وحدها ، و على **B** تارة أخرى التي ستكون نقطة أمامية لنفس العملية .

فالقراءات والحسابات كالتالي :

القراءات : على **A** قراءة خلفية **lecture arrière : *larr***

على **B** قراءة أمامية **lecture avant : *lav***

$$\Delta h_{AB} = larr - lav$$



– التسوية المباشرة بطريقة منسوب مستوى الرصد : حيث يوضع الجهاز على المعلم **A** لرصد القامة الموضوعة على النقطة **B** . وفي هذه الحالة يحسب منسوب **B** دون اللجوء إلى حساب فرق المنسوب .

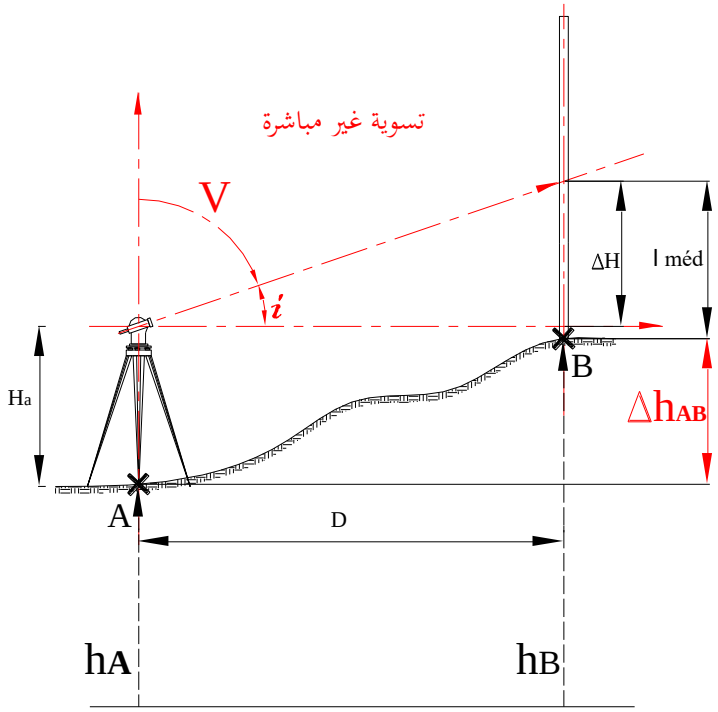
– فنقرأ القراءة الوحيدة على القامة كقراءة أمامية **lecture avant** ,

– و نقيس علو الجهاز **Ha** أي الارتفاع الفاصل بين المحطة و خط الرصد الذي يشخص منسوب مستوى الرصد .

$$h_B = hA + Ha - lav$$

التسوية غير المباشرة

تستعمل هذه الطريقة في القياس في الأرضيات ذات الميل المعتبر بحيث يستحيل استعمال جهاز التسوية غير المصمَّم للرصد المائل فيستبدل بالأجهزة الأخرى على أن تكون المحطة هي أحدى النقطتين لرصد القامة الموضوعة على النقطة الأخرى رصدا كيفيا بالنسبة لجهاز التيودوليت و في صفر القامة التاكيومترية لجهاز التاكيومتر ، و الإجراء كالتالي :



– جهاز التيودوليت

القراءات :ما يلزم لحساب **D** و **l méd**

القياسات : علو الجهاز **Ha**

$$\Delta h_{AB} = Ha + \Delta H - lméd$$

حيث : $\Delta H = D \times tg(i)$

– جهاز التاكيومتر ذاتي الاختزال

– بالنسبة لجهاز **RDS**

$$\Delta h_{AB} = (lméd - l\,\mathrm{inf}) \times 100 \times coeff$$

– أما بالنسبة لجهاز **DAHLTA**

$$\Delta h_{AB} = (\mathrm{ln}\,iveau - lméd) \times P$$

6 – تمثيل شكل الأرضية

كما رأينا سابقا فإن الأرضية فضاء ثلاثي الأبعاد و أدنى ما يلزمنا لمعرفة و تمثيل كل أشكالها هو النظر إليها في منظرين أحدهما أفقي والآخر شاقولي عبر إسقاط نقاط الأرضية على مستويات وفق ما يلي :

المنظر العلوي

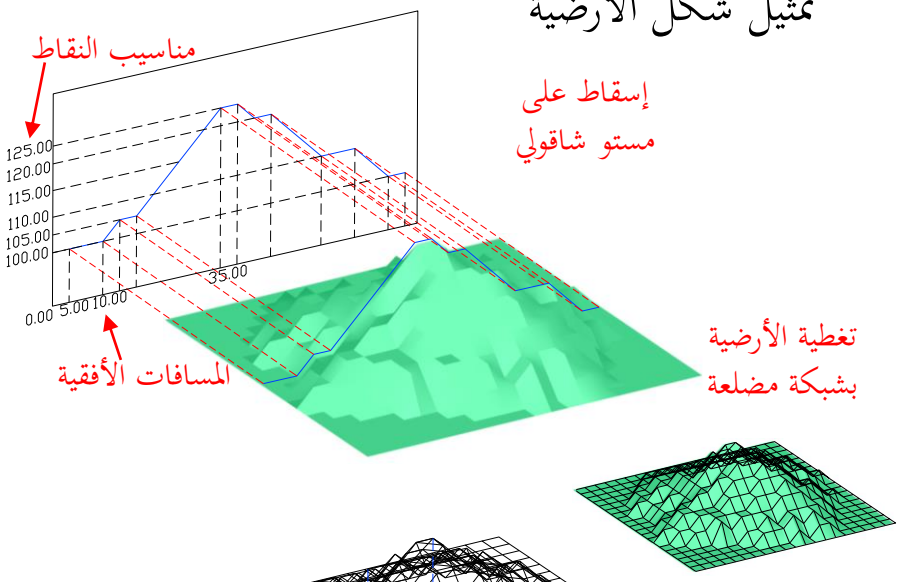
هو تمثيلٌ للأرضية و ما تحتوي عليه، يتم عبر إسقاط نقاط الأرضية الأكثر تمثيلا لأشكالها على مستو أفقي، فالغالب أن تكون نتيجة القياس الميداني ثم الحساب ثم الرسم ، وثيقة تعرف بالمخطط الطبوغرافي ، فيتميز عن باقي الوثائق المرسومة التي لا تمثل إلا بعدين للشيء المرسوم بكونها تعرض الأرضية بأبعادها الثلاثة بفضل الخطوط التي تحتوي عليها و المعروفة بمنحنيات التسوية.

منحنيات التسوية : هي خطوط وهمية مغلقة تربط بين نقاط الأرضية التي لها نفس المنسوب ، و أفضل مثال لتصور ذلك هو التفكير في الخط الذي ينتج عن التقاء الماء باليابسة على ضفة بحيرة مثلا ، و بما أن سطح الماء يستوي تلقائيا إلى مستو أفقي فإن لكل نقاطه نفس المنسوب و على وجه الخصوص نقاط الضفة التي ترسم خطا منحنيا مغلقا .

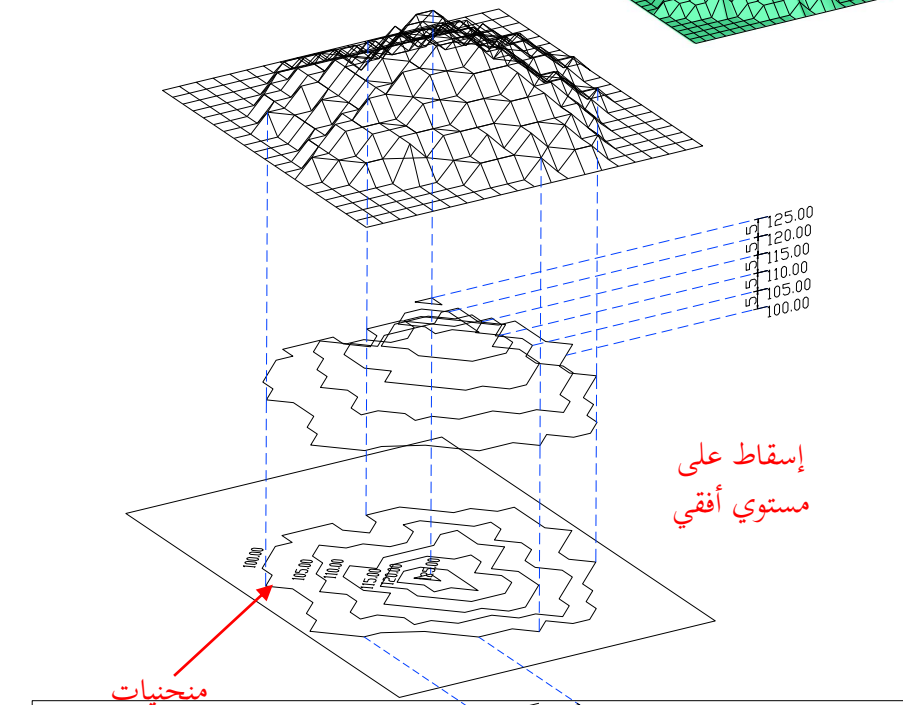
المنظر الجانبي

يـتم الإسـقاط هنـا علـى مسـتو شـاقولي للحصـول علـى وثائـق تعـرف بالمظـاهر أو نادرا بالمقـاطع ، تعطـي ملمحـا لشكل الأرضية مثلما يُفعل عند إسقاط ظلِّ جسم على جدار بِبثِّ ضوء يُشعّ أفقيا .

تمثيل شكل الأرضية



ترفـق بالمسـتويات الشـاقولية سـند المظـاهر، معـالم متعامـدة تحمـل المسـافات الأفقيـة في محـور الفواصـل و مناسـيب النقـاط في محـور التراتيـب . والهـدف مـن إعـدادها تقـني فتسـتعمل في دراسـة المشـاريع (لتهيئـة الأرضـية) و تنجـز بالرجـوع إلى المخططـات الطبوغرافية .



مـن غـير المعقـول أن يخـوض التقـني في البحث عن وضعية كل نقاط الأرضية أو تكثيف عددها إلى حد كبير ، فاستعمال شـبكات مربعـات أو مثلثـات يجعـل مـن العمل الشاق رغم كل شيء عملا منهجيا و دقيقا نحصل به على أوفى تمثيل لشكل الأرضية .

أهم ما تتميز به الخريطة الطبوغرافية هو منحنيات التسوية الـتي يحمـل كـل واحـد منها عددا يعطي قيمة منسوب كل النقاط المنتمية إليه ، فيؤخذ الارتفاع بقراءة هذه الأعداد أما الأبعاد الأفقية فتقاس مباشرة على الخريطة فهي منجزة بسلم تصغيري .

– الأعداد المتناقصة بالابتعاد عن المنحني الذي ليس بداخله شيء تدل على مرتفع أو هضـبة ، أمـا الـتي تتزايـد فتـدل علـى منخفض .

– المنحنيات التي لا تغلق على نفسها في حـدود الخريطة تـدل على أنـه يجب تمثيل رقعة أكبر لرؤيتها كاملة.

7 – التوقيع L'implantation

– المرحلة الأولى في أنجاز مشروع بناء أو أشغال عمومية هي التوقيع .

– يعتمد التوقيع على التسطير في الميدان للموقع الصحيح لما سيكون منشأ مستقبلا و هذا بالرجوع إلى مخطط الكتلة لوضع الأبعاد الحقيقية للطابق الأرضي RDC في الميدان .

– غرز الأوتاد piquetage عملية تُجرى لتعليم النقاط المهمة في التسطير .

– يستحسن بغية الدقة في العمل تكليف طبوغرافي لإنجاز التوقيع ، فهو أدرى بالطرق المتَّبعة في ذلك ويحسن اختيار النقاط التي يستند عليها عمله مثل أركان المنشآت المجاورة للمشروع و كذا جدرانها أو التراصفات المقررة من قبل المصالح البلدية .

الأدوات المستعملة

تستعمل في التوقيع الأدوات التالية :

لقياس المسافات الأفقية و تجسيد الاتجاهات هناك :

جهاز التسوية :بالإضافة إلى استعماله في قياس المسافات الأفقية فهو يستعمل في تحقيق تراصف النقاط و نقل الزوايا بين الأضلاع على الأرضية .

شريط الديكامتر roulette :يستعمل في قياس المسافات ويسمح مدها الشديد بتجسيد أضلاع مستقيمة .

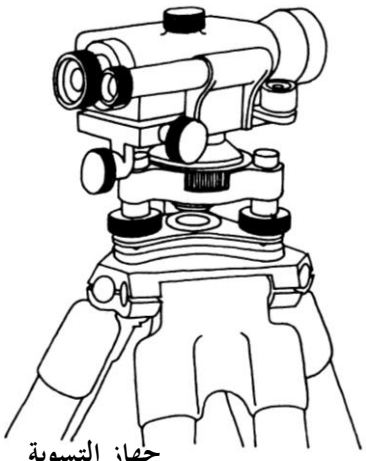
لتشخيص النقاط ، يتوفر لدى الطبوغرافي أدوات مثل :

الشواخص بحاملاتها jalons et portes jalons : لتشخيص النقاط أثناء القياس والتمكن من رؤيتها بالعين المجردة أو عبر منظار جهاز ضمن عمليات الرصف أو نقل الزوايا .

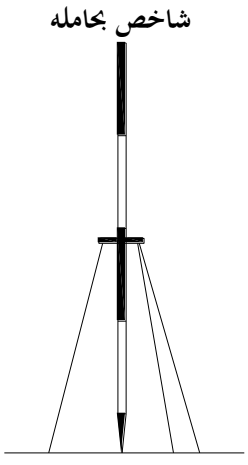
الإبر fiches : تغرز أثناء القياس ، مثلا عند قياس مسافات يستدعي طولها وضع الشريط أكثر من مرة .

الأوتاد piquets : يتركها الطبوغرافي وراءه في الميدان فهي تجسد أهم النقاط في التسطير عموما زواياه.

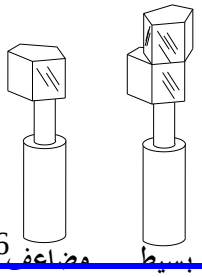
المثلثات équerres و منها المثلث الضوئي أو ذو الموشور équerre à prisme المتناهي الدقة في البحث عن الزوايا القائمة .


جهاز التسوية

شريط الديكامتر


شاخص بحامله

خيط الشاقول

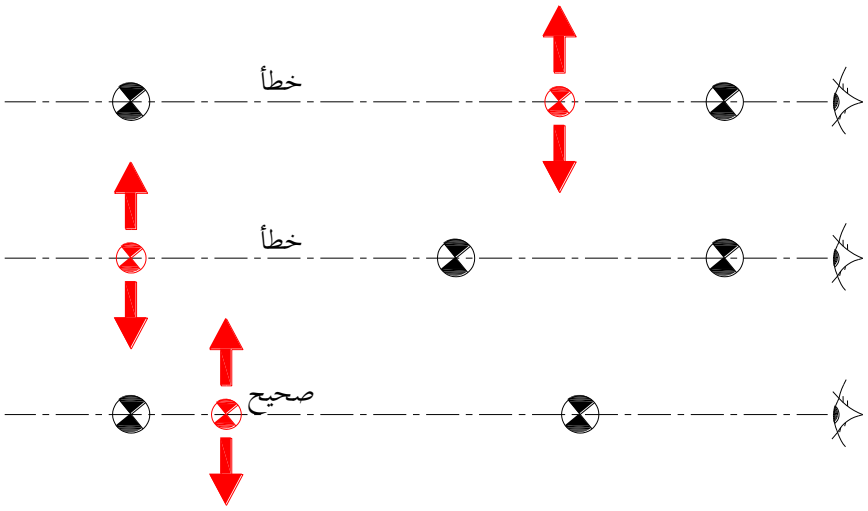

مضاعف بسيط

مثلث ضوئي

العمليات القاعدية في التوقيع

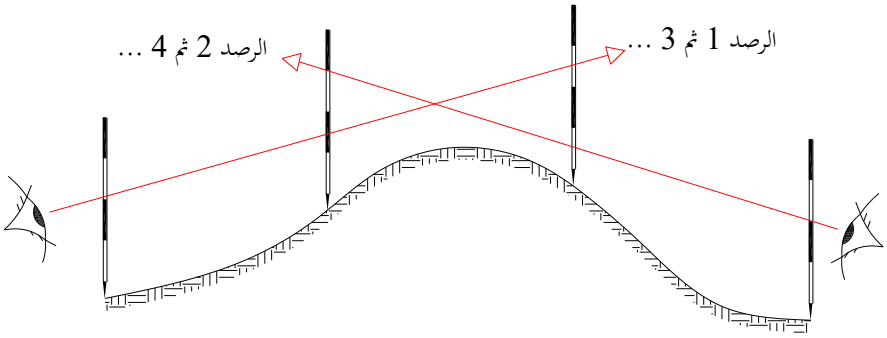
رصف النقاط

L'alignement

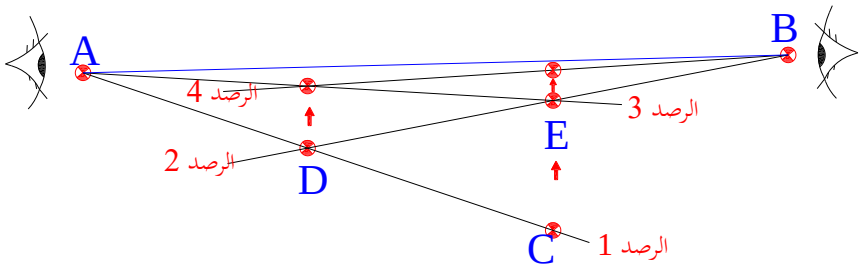


– تُرصف نقاط الأرضية وفق مبدأ تطابق الصور داخل عين ناظرٍ سواء كان هذا بالعين المجردة أو عبر منظار جهاز بصري – فمن السهل إخفاء صورة شاخص بآخر ، و بإخفاء شاخصين بواحد يتم رصف الشواخص الثلاثة .

الرصف بحاجز



– يتعقد الأمر نوعا ما عندما يجب رصف نقاط مع نقطتين يستحيل رؤية إحداهما من الأخرى ، فالإجراء كالتالي .

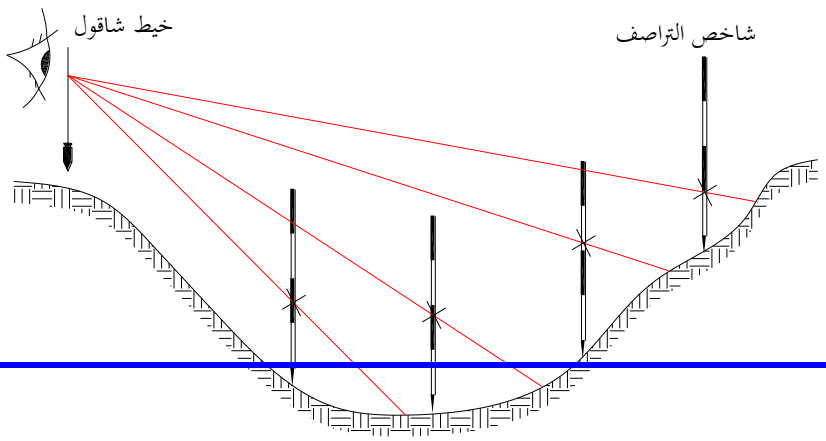


– في الرصد 1 نرصف D مع AوC

– في الرصد 2 نرصف E مع DوB

– إلى الرصف 3 ثم 4 والاقتراب تدريجيا نحو وضعية متراصفة لكل النقاط

الرصف في منخفض

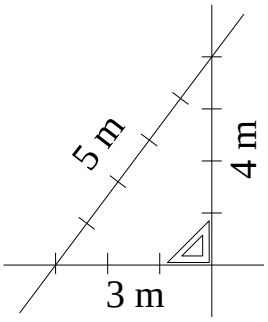


– يكفي لرصف نقاط واد أو منخفض استعمال خيط شاقول و شاخص رصف لتحديد مستوى رصد لباقي الشواخص ,

تسطير الزوايا

عموما تنقل الزوايا الكيفية باستعمال جهاز بصري وهذا بتوظيف دائرة الزوايا الأفقية ، غير أنه في غالب الأحيان تكون الزوايا قائمة و يوجد لذلك طرق دقيقة تستخدم فيها أدوات أبسط و أقل كلفة

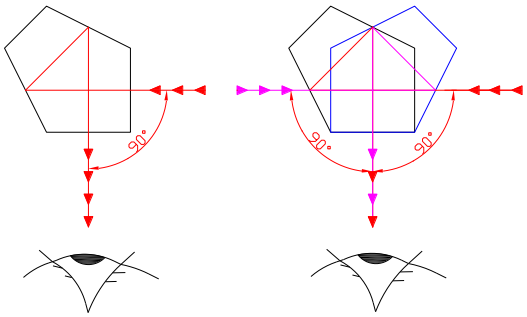
طريقة (3،4،5) المتعلقة بالنسب الموجودة بين أضلاع مثلث قائم فهي طريقة غير مكلفة و دقيقة جدا قد تستعمل فيها أسلاك تحضر بقطعها بالأطوال المناسبة لذلك.

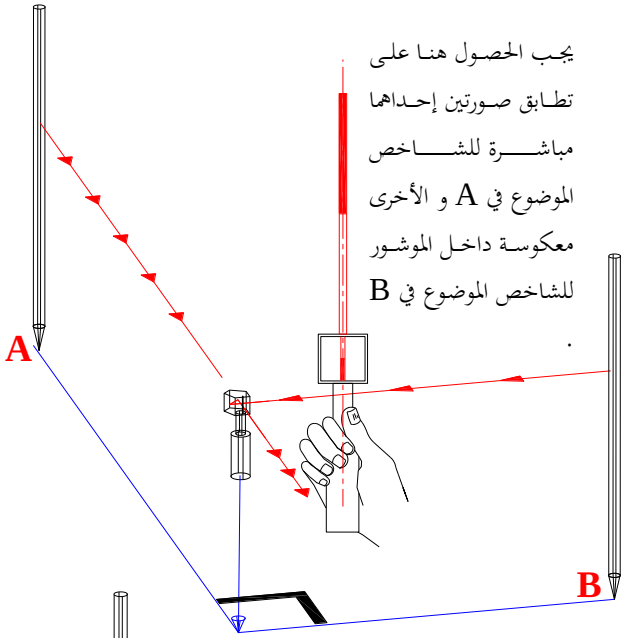


المثلث الضوئي الذي يوجد بنوعين البسيط و المضاعف – فالبسيط يحتوي على موشور واحد تنعكس فيه الصورة حيث أن مسار دخولها في الموشور وخروجها منه متعامدان . أما المضاعف فهو مركب من موشورين متعاكسان يستقبلان صورتين من الجانبين في نفس الوقت.

مسار الخط الضوئي في موشورات المثلثات الضوئية

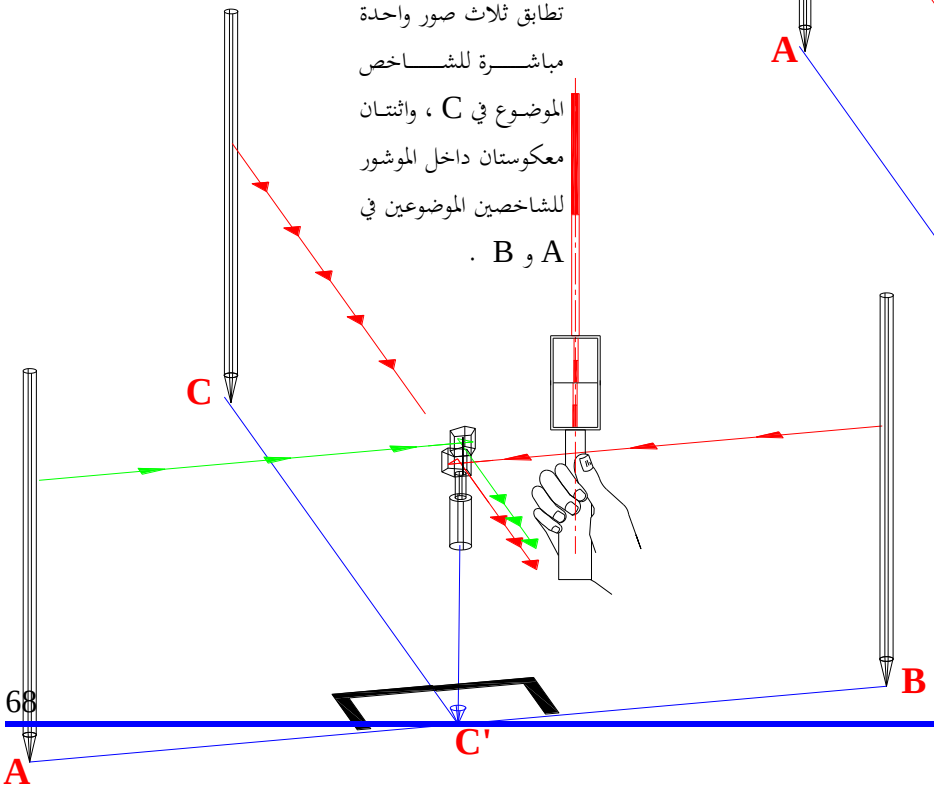
البسيط المضاعف





يجب الحصول هنا على تطابق صورتين إحداهما مباشرة للشاخص الموضوع في A و الأخرى معكوسة داخل الموشور للشاخص الموضوع في B .

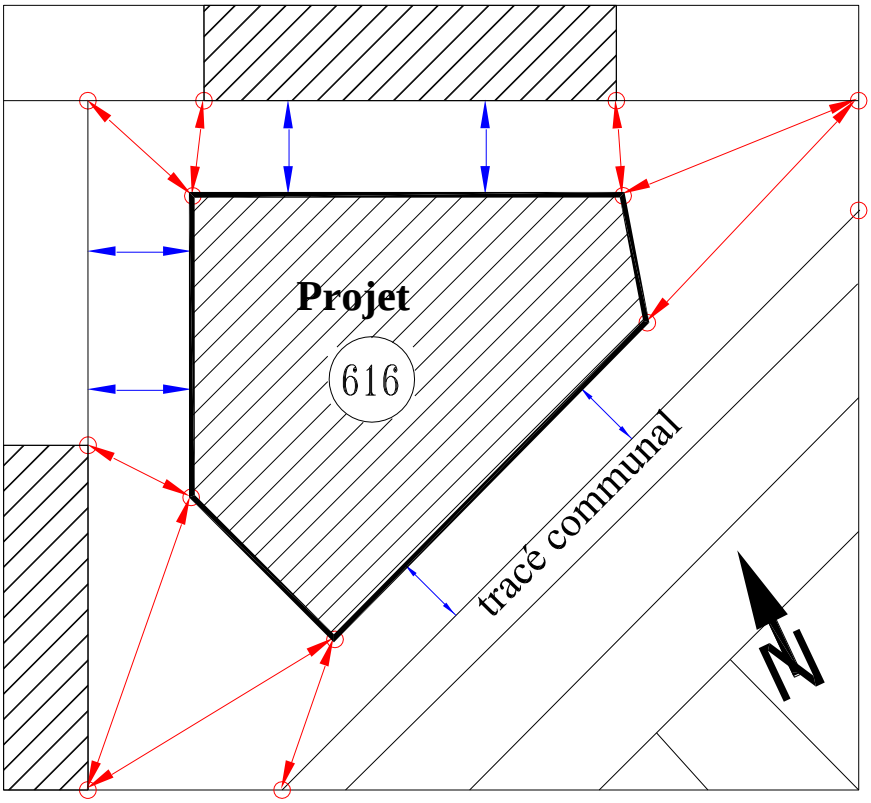
أما هنا فيجب تحقيق تطابق ثلاث صور واحدة مباشرة للشاخص الموضوع في C ، واثنتان معكوستان داخل الموشور للشاخصين الموضوعين في A و B .



تحقيق زاوية قائمة بالمثلث الضوئي البسيط .

إسقاط نقطة C من الميدان إسقاطا قائما على ضلع AB باستعمال المثلث الضوئي

تسطير المبنى على الأرضية



يوقع المبنى و يسطر بالنسبة لحدود المباني المجاورة له و هذا بتفضيل تشكيل المثلثات ⟷ لأنها موضوع قياس خطي فقط إذ لا نقيس إلا المسافات الأفقية و حظوظ العمل الدقيق كبيرة ليبقى البحث عن توازي الأضلاع حلا بديلا ⟷ فالقياس هنا مزدوج ، خطي و زاوٍ لتحقيق الزوايا القائمة .

VIII – أعمال التجريف Travaux de terrassement

يحتاج إنجاز الأساسات إلى تهيئة تربة الموقع بأعمال تجريف من شأنها تغيير الشكل العام. يشمل التجريف العمليات الأساسية التالية:

صقل التربة Décapage: يقصد به نزع الحشائش والصخور والتربة الزراعية وتخزين هذه الأخيرة مؤقتا لإمكانية استغلالها من جديد.

الحفر Déblais: يتمثل في إزالة التربة الزائدة واحتمال استعمالها في موقع آخر قريب أو نقلها بعيدا وتخزينها على مساحات مخصصة لهذا الغرض.

تختلف الوسائل المستعملة في أعمال الحفر باختلاف طبيعة التربة فنميز في ذلك ما يلي:

نوعية التربة وخصائصها	الوسائل المستعملة
تربة عادية كالرمل والحصى سهلة الحفر	وسائل يدوية بسيطة
تربة قليلة التراص كالأتربة الطينية الحجرية والصخرية	آلات ديناميكية صغيرة كالمثقب
التربة الطينية اللدنة والكتل المرتصة كالتربة الكلسية والجبسية	آلات ذات قدرة حفر عالية

تبدأ أعمال الحفر بتهيئة سطحية على عمق صغير نسبيا بغرض تسوية الأرضية. يلي ذلك حفر يختلف حسب طبيعة العنصر المراد إنجازه. نميز لذلك الحفر على شكل ساقية Rigole أو خندق Tranchée أو بئر Puits .

الحفر على شكل ساقية يمتد على عرض وعمق لا يفوق على الترتيب 2.00m و1.00m

أما الحفر على شكل خندق فيمتد على عرض أقل من 2.00m أما العمق فيزيد عن 1.00m

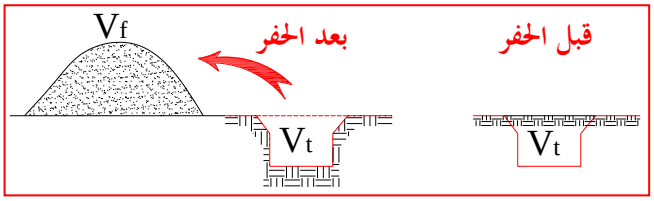
تتعرض التربة بعد الحفر إلى زيادة في حجمها نتيجة الانتفاش Foisonnement بظهور فراغات بين حبيبات التربة.

حساب حجم التربة بعد الحفر يكون كما يلي :

Vf : حجم التربة المنتفش (بعد الحفر)

Vt: حجم التربة المرصوص (قبل الحفر)

Cf : معامل الانتفاش



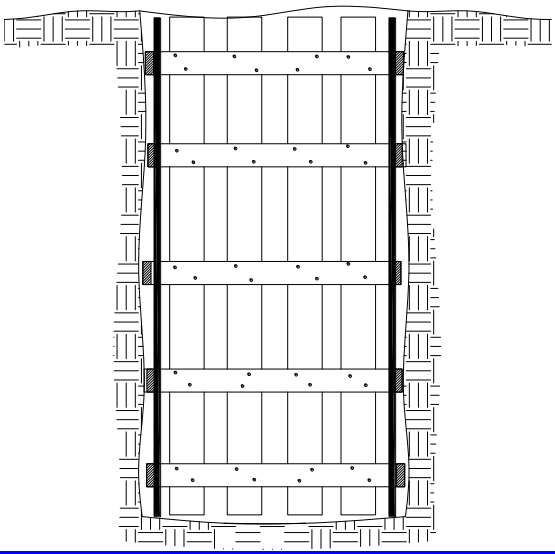
$$V_f = V_t \times c_f$$

Coefficient de foisonnement

تختلف نسبة هذه الزيادة باختلاف طبيعة التربة، ومعامل الانتفاش C_f للبعض من أنواع التربة مبين على الجدول التالي:

طبيعة التربة	معامل الانتفاش C_f
رمل وحصى نظيفان وجافان	1.15 – 1.00
رمل وحصى نظيفان ومبللان	1.18 – 1.09
تربة حشيشية	1.20 – 1.11
رمل ناعم	1.18
رمل طيني	1.25
طين مع رمل وحصى	1.45 – 1.30
طين هشة ذات كثافة عالية	1.55 – 1.35
طين صلبة	1.50 – 1.42
طين صلبة مع حجارة	1.62
صخور هشة	1.73 – 1.50
صخور صلبة مفتتة	1.66

التخشيب boisage أو blindage



إذا كان الحفر على عمق معتبر مقارنة مع المساحة الأفقية للحفرة، يجب تدعيم الجوانب بواسطة ألواح خشبية لتفادي انهيارها بانجراف التربة.

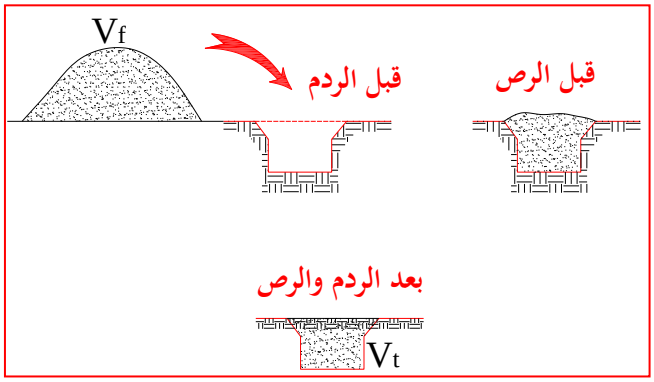
الردم Remblais: يتمثل في إضافة أتربة مجلوبة من مواضع أخرى إلى مناطق منخفضة بغرض رفع مناسيبها. يشترط أن تكون خصائص هذه الأتربة مماثلة أو مقاربة لخصائص أتربة الموقع الذي تقام فيه أعمال الردم.

تجلب الأتربة منتفخة لكنها تتعرض لنقص في حجمها بعد الردم نتيجة الارتصاص tassement بتقلص نسبة الفراغات بين حبيباتها. يكون الارتصاص تحت تأثير الأثقال الخارجية بمرور الوقت أو بواسطة آلات الرص.

V_f : حجم التربة المنتفش (قبل الردم)

V_t: حجم التربة المرصوص (بعد الردم والرص)

C_t : معامل الارتصاص Coefficient de tassement



$$V_t = \frac{V_f}{1 - C_t}$$

الرص Compactage: يتمثل في تسليط قوى خارجية عمودية بآلات قصد القضاء على الفراغات بين الحبيبات. يتم الرص على طبقات أتربة بسمك يتراوح بين 20cm و30cm. كما يمكن استعمال الماء بنسبة تتلاءم وطبيعة أتربة الردم المستعملة لتحسين مردود عملية الرص.

الآلات المستعملة في التجريف

أعمال التجريف تعتمد على آلات مختلفة الحجم والطاقة والدور فنميز:

1 Le bulldozer
2 Le chargeur
3 La pelle mécanique
4 La niveleuse
5 La pelle chargeuse
6 Le camion
7 Le rouleau compresseur

تقييم عملية التجريف

تقيم عملية التجريف من حيث التكلفة عبر ما يسمى بتمتير التجريف **Métré des terrassement** الذي يتم بحساب ما يلي :

1– كمية الأتربة بالمتر المكعب m^3 سواء كانت أتربة مزاحة (حفر) أو مضافة (ردم).

2– المسافات التي تُقطع بهذه الأتربة في حالة إزاحتها إلى مكان تفريغ أو إضافتها بعد جلبها من مكان تتميز تربته بخصائص لا تتوفر في تربة مكان الإضافة .

3– كلفة العتاد المستعمل الذي يقدر عموما بالسعر المتقاضى للساعة الواحدة من العمل ، والأمر كذلك بالنسبة لليد العاملة .

– و الأحسن لذلك توظيف الأداة الإعلامية عبر البرامج المعروفة بالمجدولات **les tableurs** تتميز بقدرات كبيرة في إنجاز هذا النوع من الحسابات .

تطبيق : يحتاج انجاز أساسات مبنى فردي إلى تهيئة للأرضية بغرض التسطيح ثم حفر للأساسات.

عمليات التجريفات اللازمة هي :

–صقل للتربة بسمك متوسط يعادل **30cm**على مساحة إجمالية تقدر بقيمة$270\ m^2$

– إنجاز حفر مربعة الشكل $(1.80*1.80)\ m^2$ تمتد على عمق **90cm**، عددها **20**

–إنجاز حفر على شكل ساقية **(0.70*1.90)** تمتد على نفس العمق، عددها **14**.

–ردم الحفر بعد صب خرسانة الأساسات ونقل الفائض إلى أماكن التخزين.

تتعرض أتربة الحفر إلى انتفاش تقدر نسبته بقيمة **10%** في عملية الصقل و**25%** في أعمال الحفر.

أما عملية الردم فتعرف الأتربة فيها إرتصاصا بنسبة **15%** حجم أتربة الردم المستعملة بعد صب خرسانة الأساسات يقدر بنسبة **45%** من أتربة الحفر الإجمالية والفائض ينقل إلى التخزين.

العمل المطلوب:

حساب حجوم التربة بعد عمليتي الصقل والحفر.

حساب حجوم الردم المستعملة.

حساب الحجم المتبقي للنقل.

تحديد تكلفة هذه العملية اعتمادا على الأسعار الأحادية التالية:

* صقل التربة ..... $180.00\ DA/m^3$
* أعمال الحفر..... $220.00\ DA/m^3$
* أعمال الردم ..... $150.00DA/m^3$
* نقل التربة إلى مركز التخزين ..... $170.00\ DA/m^3$

الفصل الثالث

المـواد

المواد في الهندسة المدنية

تصنيف المواد المستعملة في الهندسة المدنية

الخرسانة

الإسمنت / المواد الحصوية / الماء / المواد الإضافية

الملاط

الخرسانة المسلحة

دراسة تكوين الخرسانة / طريقة **Bolomey**

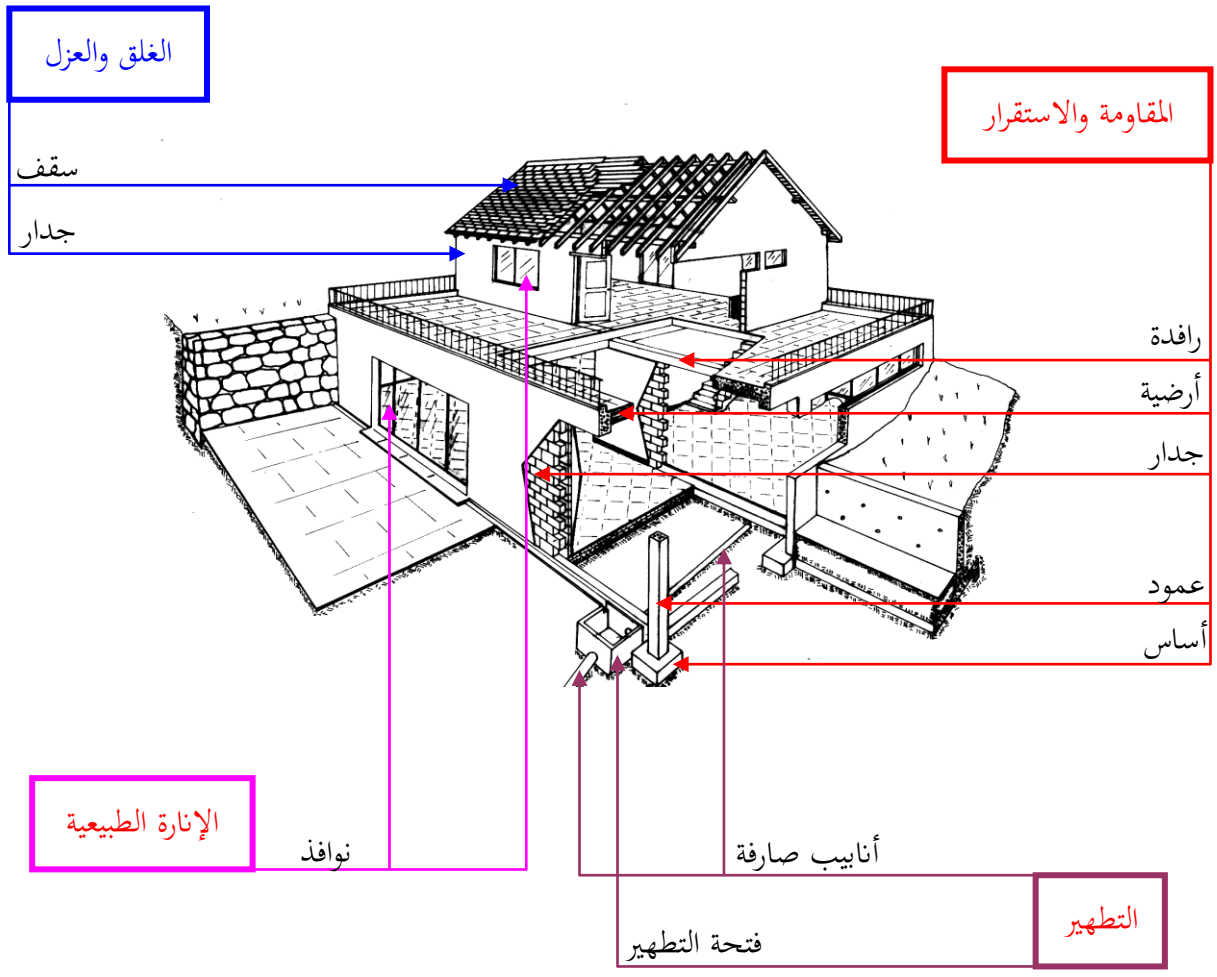
مقدمة

إن التطور والحداثة في مجال البناء متعلقان أساسا بما يوليه الباحثون من اهتمام تجاه تكنولوجية المواد . فكلما تطور البناء ليستجيب لطموحات الإنسان في رفعه لتحديات وسطه المعيشي ، إلا و كان هذا راجعا لاختياره لمواد جديدة أو اكتشافه لها ، إذ وجد عندها من الخصائص الفيزيائية ما يبرر استعمالها كأفضل حل من الناحية الوظيفية و الاقتصادية. ثم أن مجال البحث والدراسة لهذه المواد لا ينحصر في اختيار أو اكتشاف المواد بل يتسع إلى تطوير خصائصها الفيزيائية و البحث عن أفضل الطرق والمعدات و الكلفة الأقل في تصنيع وتشغيل هذه المواد .

I – المواد في الهندسة المدنية

إن الحديث عن المواد المستعملة في البناء يؤدي بنا لا محالة إلى تصنيفها بطريقة أو أخرى ، و التصنيف الأول سيرتكز على الخصائص المرجوّة في المواد نظرا لموضعها في المنشأ و وظيفة العناصر المكوّنة منها .

و لهذا ، لدينا عبر الرسم أدناه إطلالة على بعض العناصر المكونة لمبنى .



كيف تختار المواد المستعملة في البناء

تُنجز عموما منشآت البناء كي تؤدي عناصرها بعض الوظائف الأساسية . و كلما حُددت شروط توظيف هذه العناصر بدقة ، كلما كان اختيارها صائبا . و ستجد في الجدول أدناه توضيحا لهذا الأمر .

الوظائف	العناصر	شروط التوظيف	المواد المستعملة
المقاومة والاستقرار	الأساسات الأعمدة والروافد الجدران الأرضيات الأدراج	المقاومة لتأثير الماء المحتوى في التربة المقاومة لأثقال المنشأ	رابط مائي (الإسمنت)*** الخرسانة الفولاذ الخشب اللبِن (طوب،آجُرّ،حجارة)
الغلق	الجدران الأسقف	المتانة أي المقاومة للاختراق	الخرسانة اللبِن (طوب،آجُرّ،حجارة) الفولاذ مطيلات الحديد المزنك القرميد
العزل	الجدران الأسقف	تبادل حراري ضئيل مع الهواء القدرة على الخفض الصوتي كتامة كلية (ضد مياه الأمطار) منع تكثُّف الرطوبة	الخرسانة اللبن المثقوب (طوب،آجر،حجارة) لِبن الجَص مَطيلات الحديد المزنك القرميد مواد عازلة الفلين البوليستيران المواد الزفتية
الإنارة الطبيعية	الفتحات	الشفافية و الحفاظ على وظيفة العزل الدمج في الجدران مع إمكانية الفتح	الزجاج الخشب والآلومينيوم
التطهير	التجهيزات الصحية الأنابيب	المقاومة للصدأ و تأثير المواد المسيئة المحتواة في الماء	المنتوجات الخزفية الحديد المزنك المواد البلاستيكية PVC النحاس الإسمنت

*** ورد في قائمة المواد المذكورة مادة الإسمنت التي تعتبر دخيلة على كل المواد الأخرى ، لأنها الوحيدة التي لا تُستعمل إلا كأحد مكونات مادة . و في هذه الحالة فإن الأسمنت أحد مكونات الخرسانة و ذُكر لتبرير استعماله كمادة تُكسب العناصر الأكثر قربا من الماء المحتوى في التربة مقاومة لأثره السلبي وعلى سبيل الذكر فإن الأساسات هي العناصر الأكثر عُرضة لذلك .

II – تصنيف المواد المستعملة في الهندسة المدنية

إن تعدد المواد المستعملة في البناء و تعدد تخصص كل واحدة منها حيث تتواجد في مواضع مختلفة من المنشأ ، عوامل تجعلنا نتجه مرة أخرى إلى التصنيف مبتعدين عن كل تشابه وتداخل في المفاهيم و معتبرين فقط أن المواد صنفان رئيسيان هما ، المواد المتجانسة والمواد غير المتجانسة .

المواد المتجانسة

الخشب

إن استعمال الخشب في البناء كعنصر مقاوم أمر متعلق مباشرة بالثروات الطبيعية حيث سيكون مادة باهظة الثمن في البلدان ذات الثروة الغابية الضعيفة ولن يستعمل الخشب في هذه الحالة إلا في نجارة البناء لصنع الأبواب والنوافذ .

الألومينيوم

جاء استعمال هذه المادة لمنافسة الخشب في نجارة البناء نظرا لخصائصها الفيزيائية المتعلقة بخفة المادة و مدة عيشها الكبيرة نسبيا .

المواد البلاستيكية

نادرا ما تستعمل في نجارة البناء ، بينما ميولها الحقيقي هو نحو التجهيز الصحي خاصة في كل ما هو قنوات والتجهيز الكهربائي في المقابس و قاطعات التيار .

الزجاج

استعماله محصور في الفتحات لشفافيته أو للتزين باستعمال أنواع الزجاج المتميزة بألوانها .

الفولاذ

هو مادة جد مكلّفة من الناحية المالية سواء كان هذا في الشراء والتصنيع والوضع أو في الصيانة لكون الفولاذ مادة معرضة للصدأ ، غير أنه يسمح وبفضل خصائصه الميكانيكية الجيدة بإنجاز ما لا يحقّق بغيره من مواد البناء مثل إنجاز فضاءات داخلية كبيرة و الاجتياز بالجسور لمسافات طويلة .

الآجُرّ

يستعمل الآجر على شكل لبِن في إنجاز الجدران نظرا لخفته وقدراته العالية في العزل الصوتي و الحراري

المواد غير المتجانسة

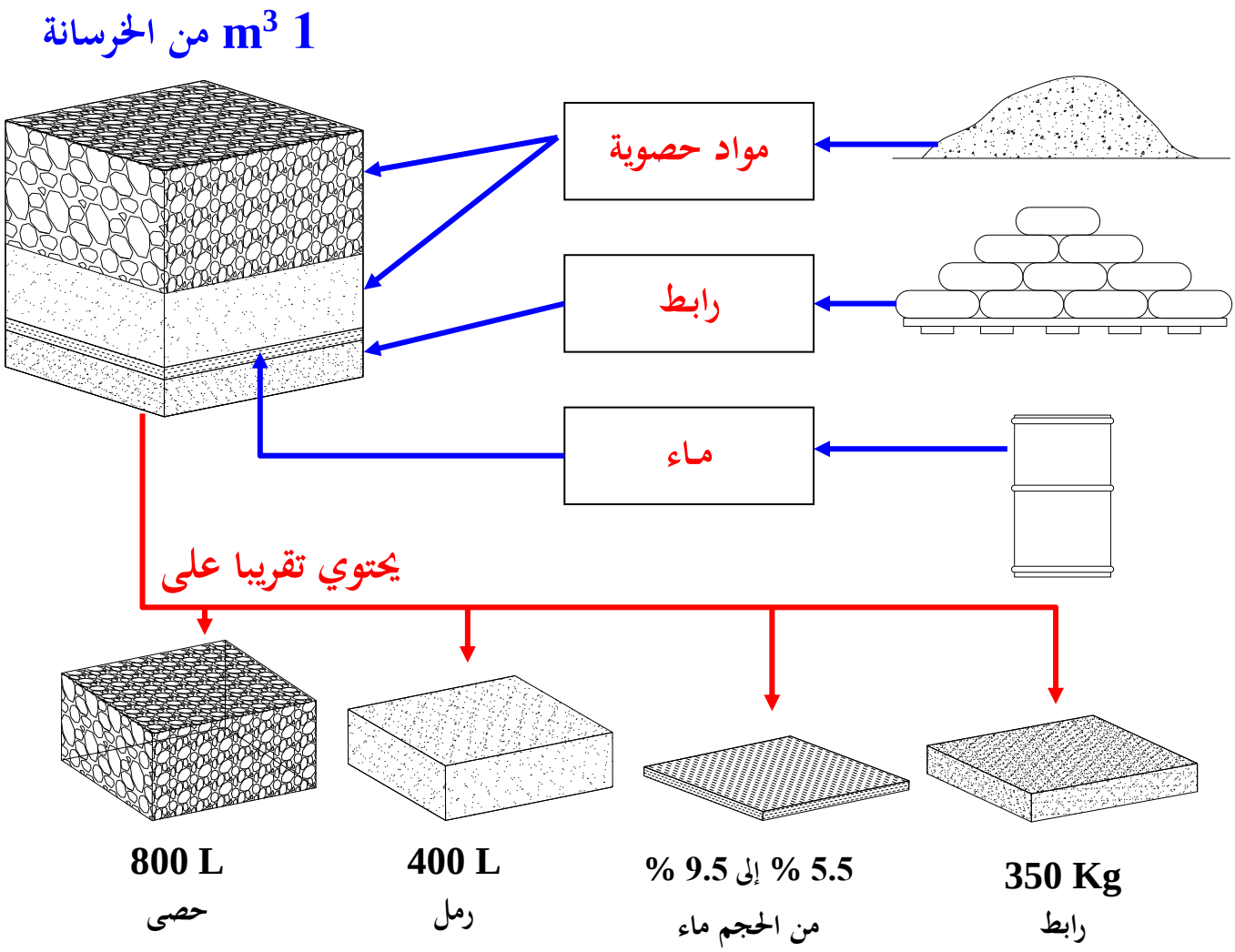
هي مواد يتم الحصول عليها بخلط مواد أخرى ذات مصادر مختلفة حيث لا يتواجد بعضها إلا لتطوير خصائص البعض الآخر الذي هو الأصل في صنع المادة ذاتها . و من أهمها نذكر الخرسانة .

III – الخرسانة Le Béton

1 – تعريف

الخرسانة مادة بناء نحصل عليها بعد تصلب خليط من مواد حصوية (حصى و رمل) ورابط (جير أو إسمنت) وماء ، حيث يشكل مزيج الماء والرابط عجينا لاصقا يحقق التماسك بين المواد الحصوية .

والأهم في مادة الخرسانة هو قابليتها للتشكيل و هذا بتصلّبها داخل قوالب تمّ تحضيرها مسبقا بأشكال وقياسات العناصر المراد تصنيعها .



الروابط

الروابط مواد مختلفة المصادر والأنواع وتتميز بخصائصها المختلفة وهذا ما يجعل أن لكل نوع من العناصر رابط خاص به و من خصائص الروابط التي هي عوامل في اختيار أحدها دون الأخرى هناك .

وسط الإنجاز

حيث يُختار الإسمنت حسب الوسط الذي ستصنع فيه الخرسانة فيكون جافا و رطبا أو مشبعا بمواد كيميائية ضارّة أو حتى تحت الماء .

سرعة التصلب

إن تصلب الخرسانة هو تصلب الإسمنت الذي نريده سريعا لكنه مرهون بظاهرة سلبية هي تقلص أبعاد العناصر المصنوعة به ، و منه فإن الروابط بطيئة التصلب لا تحدث تقلصا ملحوظا .

الخصائص الميكانيكية

إن مقاومة الإسمنت ليست غاية في حد ذاتها لكن المرجو هو إكساب الخرسانة مقاومة بعد تصلبها تسمح لها بحمل الأثقال المسلطة عليها دون التضرر ، وهذه المقاومة متعلقة مباشرة بطبيعة الإسمنت ونسبة تواجده في الخرسانة التي نتعرف عليها عبر المعايرة .

أنواع الروابط

نميز نوعين من الروابط هما.

1- الروابط المائية : التي تتصلب في الهواء وحتى تحت الماء و نجد فيها الإسمنت والجير المائي .

2- الروابط غير المائية:التي لا تتصلب إلا في الهواء الطلق و نجد فيها الجير و الجص.

صنع الروابط

يمرّ صنع الروابط عموما بالمراحل الآتية :

الاقتلاع

كل الروابط ذات مصدر معدني طبيعي .فيجب أن تقام وحدات إنتاج هذه المواد بالقرب من حقول أو مناجم موادها الأولية حيث تصنع الروابط من :

المادة	المادة الأولية
الجص	الجبس Gypse:صخرة كلسية
الجير	الصخور الكلسية Calcaire التي تحتوي على أقل من 10 % من الطين
الجيرالمائي	سجّيل Marne :صخركلسي يحتوي على ما يتراوح بين 10 و 20 % من الطين
الإسمنت	الصخور الكلسية التي تحتوي على ما يتراوح بين 20 و 40 % من الطين

الجرش

وهي المرحلة التي تكسر فيها المواد الأولية و تخلط جيدا للحصول على مادة متجانسة قبل الطهي .

الطهي

كل الصخور المذكورة أعلاه صخور توجد في الطبيعة مشبعة بالماء والهدف الرئيسي لهذه العملية هو التجفيف و الصهر في بعض الحالات فتوضع تحت درجات حرارة مختلفة في أفران تكون دوّارة بالنسبة للإسمنت.

المادة	درجة الحرارة اللازمة للحصول عليها
الجص	من 120 إلى 200 C°
الجير	1100 C°
الجيرالمائي	850 C°
الإسمنت	من 1000 إلى 1450 C°

الإضافة

هي إحدى مراحل صنع الإسمنت تدخل فيها المكونات الأساسية الأخرى Ajouts، وتجرى مباشرة قبل الطحن .

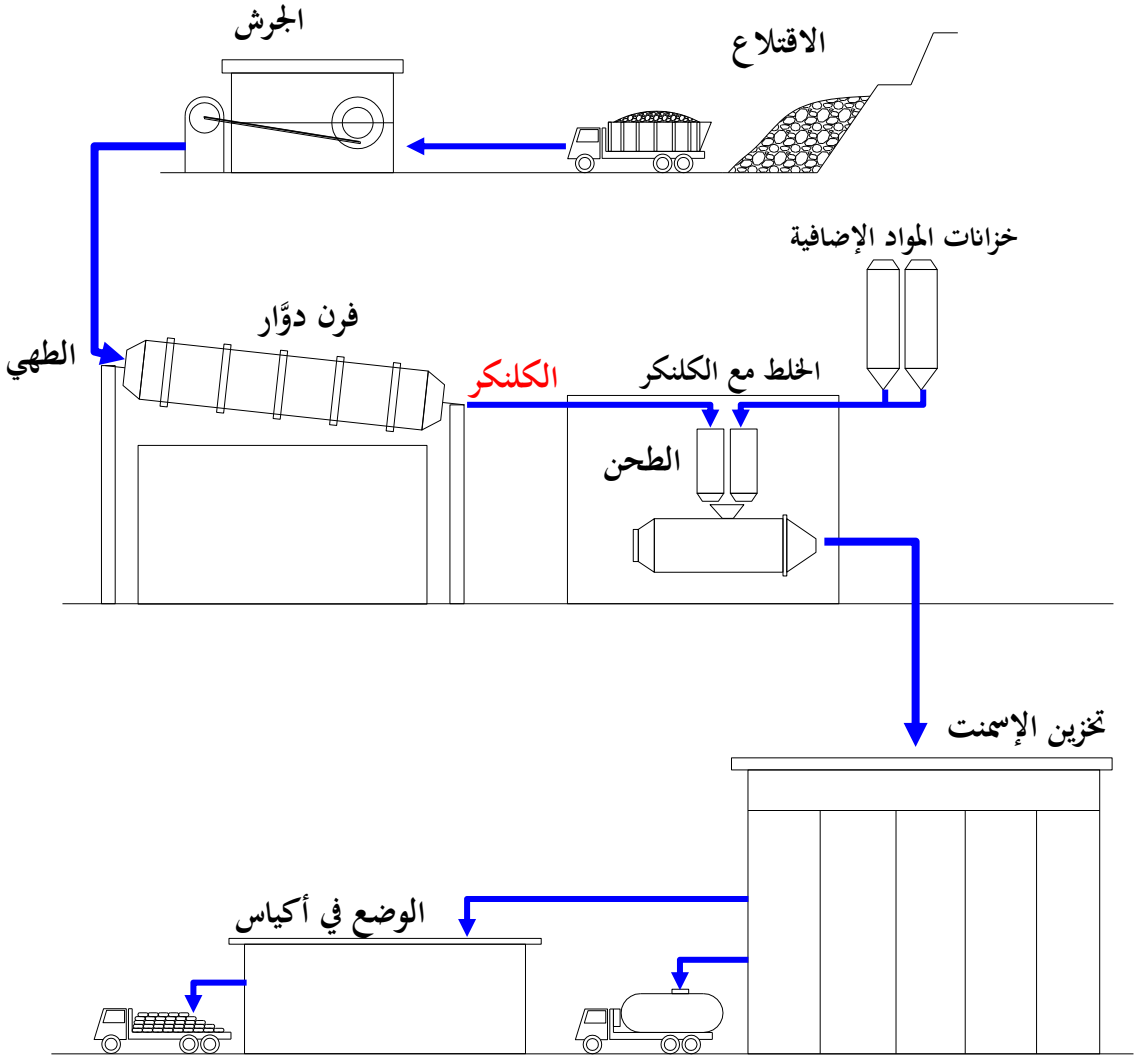
الإطفاء

هي مرحلة تخص الجير بنوعيه حيث أن المادة المحصَّل عليها بعد الطهي مادة جشعة للماء ، فيضاف هذا الأخير بقدر معين ضمن عملية ينتج عنها تسرب حراري مهِم (120 C° تقريبا) فيتضاعف الجير ليصبح بضعف حجمه و يترسب الجير المائي ليصبح مادة قابلة للطحن .

الطحن

إن الجير غير معني بهذه المرحلة لأنه يستعمل مباشرة بعد الإطفاء ، أما لباقي المواد فهي مرحلة إجبارية و ذات أهمية بالغة فكلما كان الطحين ناعما كلما تطورت نوعية المنتوج و هذا بزيادة قدرته على الامتزاج بالماء .

مراحل صنع الإسمنت



2 – الإسمنت

هو المادة الأكثر استعمالا في صنع الخرسانة ، ونجد فيه أنواعا كثيرة نتج عددها عن الرغبة في تطوير خصائص الخرسانة و هذا باستعمال مواد أولية مختلفة وإدخال مواد إضافية على المكونات الرئيسية تعطي الإسمنت مميزات خاصة .

ينقسم الأسمنت عموما إلى نوعين رئيسيين هما الإسمنت الطبيعي و الإسمنت الاصطناعي ، لكن قبل الذهاب إلى تصنيف أنواع الإسمنت يجب التعرف على بعض المصطلحات .

مادة الكلنكر Le clinker

هي المكون الرئيسي للإسمنت الاصطناعي Ciment portland و الناتج عن طهي صخور كلسية تحتوي على ما يتراوح بين 30 و 40 % من الطين و هذا تحت درجة حرارة تتراوح بين 1000 و 1450 C° وهو لا يتأثر بفعل الماء ، لذا يجب جرشه و إضافة نسبة 3 إلى 5 % من الجبس قبل الطحن النهائي .

البوزولان La pouzzolane

هي صخرة بركانية للبوزولان الطبيعية أو خليط من الآجر أو القرميد المسحوق والممزوج ببقايا الأفران العالية .

بقايا الأفران العالية Les laitiers

هي البقايا الغنية بالسيليكات الناتجة عن إذابة معدن الحديد الخام في أفران تعرف بالأفران العالية .

(رماد Cendre + نَسَف Basalte +

صخر كلسي Les fillers (Calcaire

هو خليط من هذه المواد يضاف لمكونات غالب أنواع الإسمنت .

البوكسيت La bauxite

صخرة رسوبية تحتوي على مادة الآلومين و أكسيد الحديد و تستعمل كالمادة الخام لاستخراج الآلومينيوم .

أنواع الإسمنت

الرابط	التعيين	المكونات
الإسمنت الطبيعي	CN	صخر كلسي يحتوي على 30 إلى 40 % من الطين
إسمنت بورتلاندي اصطناعي	CPA	كلنكر 95 % جير+رماد 5 %
إسمنت بورتلاند مركب	CPJ	كلنكر 65 % بوزولان بقايا الأفران الرماد 35 %
إسمنت الأفران العالية	CHF	كلنكر 20–64 % بقايا الأفران العالية 80–36 %
	CLK	كلنكر 5–19 % بقايا الأفران العالية 95–81 %
إسمنت البوزولان	CPZ	كلنكر 45–90 % بوزولان 55–10 %
إسمنت بقايا الأفران والرماد	CLC	كلنكر 20–64 % بقايا الأفران العالية 18–50 % رماد 18–50 %
إسمنت الآلومينيوم المنصهر	CA	يصنع بصهر صخور كلسية تحتوي على نسبة كبيرة من البوكسيت
الإسمنت الأبيض		يصنع بمواد أولية نقية جدا مثل الطين للتحكم في اللون

3 – المواد الحصوية

تعريف

هي المواد التي تدخل مع الإسمنت والماء في مكونات الخرسانة مثل الرمل والحصى والحجارة . و تصنف حسب قياسات عناصرها أو ما يعرف بالتركيبة الحبيبية للمواد الحصوية .

أشكالها

و المواد الحصوية ذات أشكال مختلفة .

– فتكون مستديرة الشكل و ملساء وهي تلك الناتجة عن الانجراف .

– أو زاوية الأشكال و ذات الحِرَف الحادة و الناتجة عن جرش الصخور حيث يجب التخلص من الغبار .

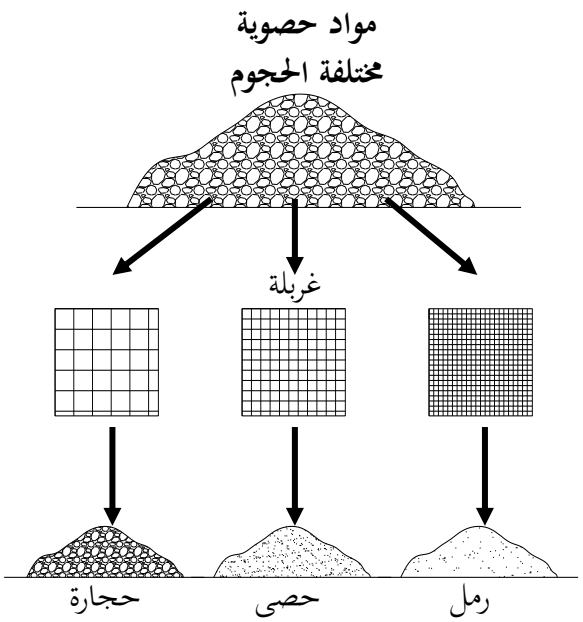
مصدرها

المصدر الرئيسي للمواد الحصوية هو الصخور الصوّانية والصخور الكلسية أو الصواني–الكلسي منها ، أما المصادر الأخرى مثل الغرانيت والنسف والرخام ، فهي تعطي مواد حصوية تستعمل في صنع خرسانة تزيين لما توفره من تعدد الأشكال والألوان .

تصنيفها

تصنف المواد الحصوية حسب حجم حبَّاتها فتكون رملا أو حصا أو حجارة .

وتحدد حجوم حبَّات المواد الحصوية بغربلتها في غرابل ذات أعين مربعة الشكل قياساتها نظامية تتراوح بين **0.8 mm** و **80 mm**



التعيين	الأبعاد (mm)
الدقيق Farine	0.08 >
الرمل Sable	
الناعم	0.08 إلى 0.31
3– المتوسط	0.40 إلى 1.25
4– الخشن	1.60 إلى 5.00
الحصى Gravillons	
5– الصغير	6.30 إلى 8.00
6– المتوسط	10.00 إلى 12.50
7– الخشن	16.00 إلى 20.00
الحجارة Cailloux	
8– الصغيرة	25.00 إلى 31.50
9– المتوسطة	40.00 إلى 50.00
10– الخشنة	63.00 إلى 80.00
كتل صخرية Galets	80.00 <

الصنف الحبيبي

تستعمل المواد الحصوية في الخرسانة وفق صنفها الحبيبي d/D حيث :

– d هو قيس أصغر الحبَّات بالميليمتر.

– D هو قيس أكبر الحبَّات بالميليمتر.

فتكون الأصناف المستعملة عموما كالتالي :

– صنف للرمل : 0/5 .

– صنفان للحصى : 3/8 و 8/20 .

خصائصها

الكتلة الحجمية :

التي تتراوح بين $1400\ Kg/m^3$ و $1600\ Kg/m^3$ و قد تتغير هذه القيم نظرا لكمية الماء الممتصة .

كمية الماء :

تتأثر أساسا بكمية المواد المستعملة لتحضير الخرسانة ، وكثرتها في المواد الحصوية متعلقة بصغر حبَّاتها و ظروف اقتلاعها وتخزينها وتعرضها للعوامل الطبيعية .

فتبلغ نسبة تواجد الماء 15% للرمل و 6% للحصى كدرجات تشبع له .

النظافة :

نعني بها نسبة تواجد جزيئات طينية في المواد الحصوية .

– تحدد للحصى بقياس النسبة المارة عبر غربال 0.5 mm و هذا خلال غربلة تتم تحت الماء فلا يمكن أن تفوق هذه النسبة 2% .

– أما بالنسبة للرمل ، فإن تجربة الترسب التي تعطي مكافئ الرمل تنص على القيم الآتية :

– E.S = 80 للرمل النظيف .

- E.S = 75 للرمل العادي .

- E.S = 65 لرمل الجرش .

المقاومة و الالتحام:

هما عاملان يؤثران مباشرة على مقاومة الخرسانة ، فبمقاومة المواد الحصوية المتعلقة بطبيعتها وقدرة الْتِحامها بعجين الإسمنت تكون الخرسانة قادرة على تحمل قوى الضغط مثلا .

4 – الماء

من الأمور الأكثر تعقيدا في صنع الخرسانة هناك تحديد كمية الماء حيث أن قلتها وكثرتها أمران يجعلانه لا يلعب دوره على أتم وجه ناهيك عن وجوب صفائه من كل شائبة ، و كل هذا راجع إلى كون الماء يعمل على مستويات عديدة في الخرسانة فيسهر على ما يلي :

تمييه الرابط :

للسماح له بالأخذ والتصلب حيث أن الأخذ Prise هو مرحلة تأتي مبكرًا أو مؤخرًا بعد إضافة الماء و هذا حسب نوع الرابط . يمكن خلط و نقل و تشكيل الخرسانة قبل بدء الأخذ حيث تكون الخرسانة مادة لدنة إلى سائلة ، ثم أثناء مرحلة الأخذ تصبح المادة أقل قابلية للتشكيل لتبدأ في التصلب بعد نهاية الأخذ . لذا ينصح بتشغيل الخرسانة قبل بدء أخذ الرابط .

بلُّ المواد الحصوية :

لمساعدتها على الالتحام مع عجين الإسمنت ، فكمية الماء هنا مرتبطة بالصنف الحبيبي المستعمل إذ يكثر الماء للحبَّات الصغيرة ، كما أن شكل الحبَّات و درجة تشبّعها بالماء يؤثران على كمية الماء اللازم استعمالها .

تسهيل الخلط والتشغيل

بالماء و نسبة تواجده في الخرسانة يمكن التحكم في سيولتها فتكون سهلة الخلط قابلة للتشغيل أي للصب في القوالب و أخذ أشكالها .

ضبط الخرسانة :

أي السماح للمواد الحصوية بالترتيب والتكتل للوصول إلى تجانس في توزيعها داخل الخرسانة و كذا السماح لما سُجن من هواء عند الصب بالتسرب و هذا بِرَجِّ الخرسانة في قوالبها ، وهنا أيضا يساهم الماء في فعالية العملية .

5 – المواد الإضافية Les adjuvants

هي مواد تضاف للخرسانة أثناء الخلط أو عند التشغيل فتُكسبها خصائص مطورة في التشغيل أو في مقاومة بعض الظواهر السلبية مثل الجليد و الامتصاص الشعري للماء . تستعمل المواد الإضافية بنسب صغيرة لا تتجاوز 5% من كتلة الخرسانة و لا تستعمل معا لعدم توافقها و خطر الحصول على خرسانة ضعيفة المقاومة ، وهي :

الملدِّنات les plastifiants (< 0.5 %)

تطور لدونة الخرسانة وبالتالي قابليتها للتشغيل دون المساس بمقاومتها الميكانيكية .

مسرعات الأخذ (من 1 إلى 3 %)

Les accélérateurs de prise

من شأنها تقليص أزمنة بداية الأخذ و نهايته و تستعمل لبرودة الطقس و للأشغال في السراديب أو تحت الماء .

مسرعات التصلب (من 0.2 إلى 3 %)

Les accélérateurs de durcissement

لها القدرة على إسراع التصلب و تستعمل في البرد أو من أجل نزع سريع للقوالب خاصة في الصنع المسبق .

مبطئات الأخذ (من 0.1 إلى 1 %)

Les retardateurs de prise

تحدث تأخرا في بداية أخذ الإسمنت و نهايته وتستعمل في الحَرّ عند الصب المتناوب للخرسانة أو عند الرغبة في معالجة سطحها الخارجي بعد الصب .

مضادات الجليد(من 1 إلى 2 %)

les antigels

تؤثر على الأخذ والتصلب بجعلهما ظواهر ينتج عن حدوثها تسرب حراري يقي الخرسانة من أثر الجليد .

جاذبات الهواء (من 0.01 إلى 0.5 %)

Les entraîneurs d'air

تُحدث تشكيل فقاعات هوائية شديدة الصغر microbulles موزعة بانتظام في كتلة الخرسانة تسهل تشغيلها مع الزيادة في مقاومتها للجليد .

أنواع الخرسانة

تختلف الخرسانة باختلاف استعمالاتها و يمكن التأثير على خصائصها سواء بتغيير مقادير مكوناتها أو ما يعرف بالمعايرة التي يعبَّر عليها بنسبة الإسمنت في الخرسانة أي كتلة الإسمنت المستعملة في تحضير واحد متر مكعب من الخرسانة . أو باستعمال مواد ذات طبيعة تجعلها تتكيف و العوامل التي تتأثر بها . فنميز بين أنواع الخرسانة الآتية :

أنواع الخرسانة		الخصائص و مجال الاستعمال
الخرسانة الرقيقة	le béton maigre	بمعايرة 150 Kg/m^3 يستعمل كخرسانة نظافة تحت الأساسات مثلا أو خرسانة ملء لا تحمل أثقالا .
الخرسانة العادية	le béton courant	200 إلى 300 Kg/m^3 في المنشآت غير المسلحة و الأساسات ، بكتلة حجمية تعادل 2200 Kg/m^3
الخرسانة المسلحة	le béton armé	350 إلى 450 Kg/m^3 منشآت تدمج فيها قضبان فولاذية للتسليح العادي أو المجهد مسبقا . كتلتها الحجمية 2500 Kg/m^3
الخرسانة الليفية	le béton de fibres	هو نوع من الخرسانة المسلحة بألياف غير موجهة من مواد غير الفولاذ .
الخرسانة الكهفية	le béton caverneux	مصنوعة بمواد حصوية، يحدث الفرق كبير بين أصغر وأكبر الحبَّات فيها تشكيل فراغات كبيرة ،تستعمل للملء .
الخرسانة الثقيلة	le béton lourd	ذات كتلة حجمية تفوق 2800 Kg/m^3 و تصنع بمواد حصوية كبيرة الكثافة . مقاومتها للضغط كبيرة وتستعمل للتثقيل .
الخرسانة الخفيفة	le béton léger	ذات كتلة حجمية أقل من 1500 Kg/m و تصنع بمواد حصوية صغيرة الكثافة .خصائصها العازلة تبرر استعمالها كمادة ملء .
الخرسانة الخلوية	le béton cellulaire	كتلة حجمية تصل إلى 400 Kg/m^3 راجعة إلى تفاعل كيميائي يحدث عند الأخذ ينتج عنه تسرب فقاعات هواء .
الخرسانة العملاقية	le béton cyclopéen	خرسانة توضع فيها كتل صخرية كبيرة القياسات وذلك في منشآت تحتوي على كتل كبيرة من الخرسانة (بعض الأساسات)
خرسانة الرمل	le béton de sable	نسبة الرمل فيها كبيرة والحصى صغير الحجم ، وتستعمل في عناصر الخرسانة المسلحة ذات السمك الضئيل أو لكثافة تواجد التسليح الفولاذي في الخرسانة .
خرسانة مقاومة للحرارة	le béton réfractaire	تصنع بإسمنت ومواد حصوية مقاومة للحرارة و تستعمل في المنشآت المعرضة لدرجات حرارة كبيرة .

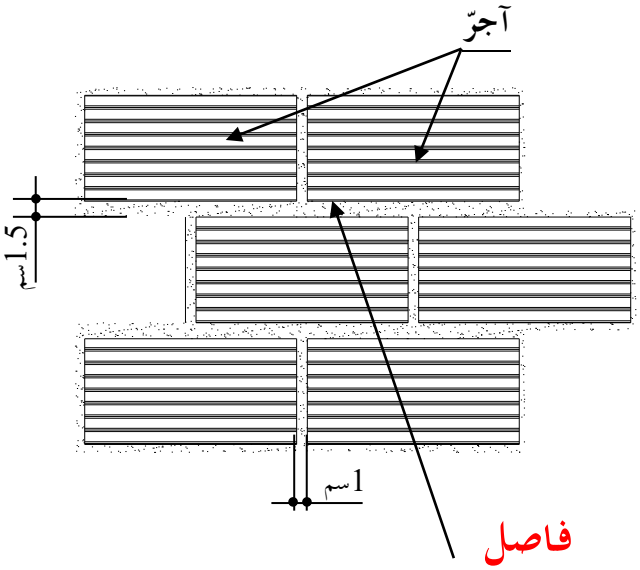
IV – الملاط Le mortier

ا – تعريف

الملاط خليط من رمل و ماء ورابط (إسمنت أو جير) وأحيانا مواد إضافية ، و يستعمل في البناء فيما يلي :

الربط liaison

يستعمل خاصة في الجدران في الربط بين اللَّبِن و هذا بإنجاز فاصل joint على شكل طبقة ملاط ربط بين كل لبنة و أخرى الشيء الذي يعطي الجدار صلابته .



إنجاز المعاطف réalisation des chapes

تعالج سطوح الأرضيات بعدة طرق و يستعمل الملاط في ذلك من أجل الأغراض الآتية :

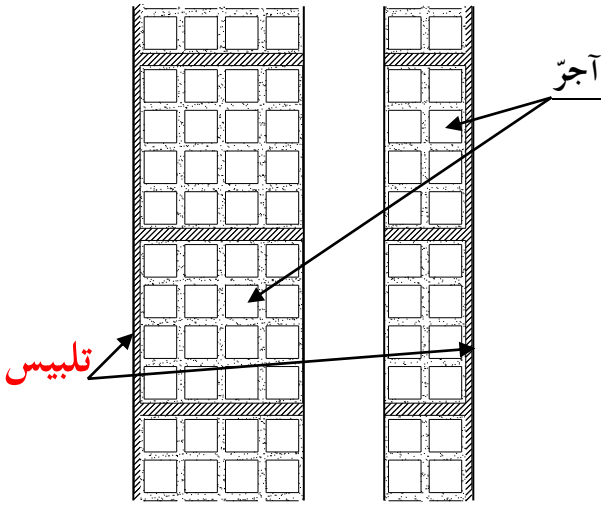
– التشكيل : أي إعطاء الأرضيات ميلا لصرف المياه .

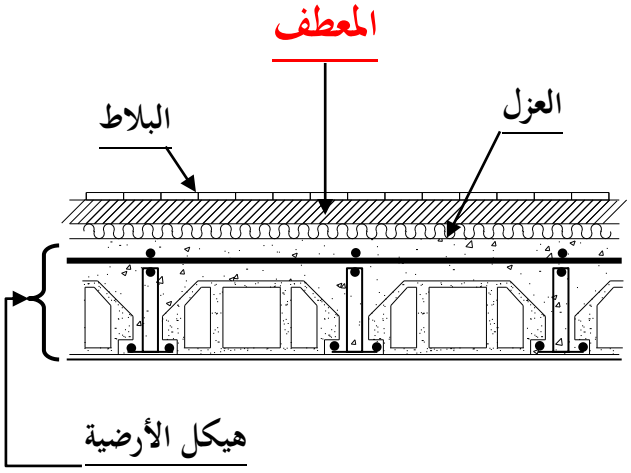
– الكتامة : بإنجاز طبقة مستمرة من الملاط .

– التبليط : حيث تحمل عناصر البلاط carrelage بطبقة من ملاط

التلبيس revêtement

أمر يخص أيضا الجدران حيث تغطى بعد إقامتها بطبقات من الملاط لا يفوق عددها ثلاث طبقات دورها حماية الجدران والعناصر المكونة لها من كل ما قد يُخل بمقاومتها .





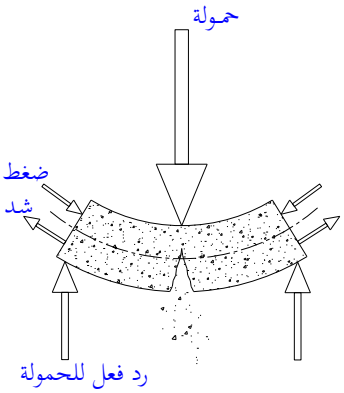
ب – مكونات الملاط

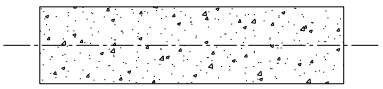
تستعمل مكونات الملاط بالمقادير المبينة في الجدول أدناه .

الملاط		المعايرة kg/m^3	
		الإسمنت	الجير المائي
ملاط الربط	ملاط الإسمنت	300 350 400 450	
	ملاط مختلط	100 150 150	200 150 250
	ملاط الجير		300 350 400 450
ملاط التلبيس	الطبقة الأولى	800/600 في الخارج 600/400 في الداخل	200
	الطبقة الثانية	80/50	300/250
	الطبقة الثالثة	80/ 150 خاصة في الخارج	350/300
إنجاز المعاطف		600	

V – الخرسانة المسلحة Le Béton armé

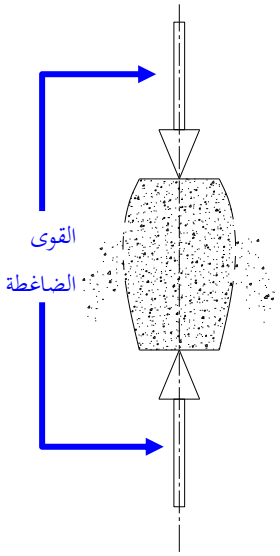
إن أهم استعمال للخرسانة هو الذي يتعلق بإنجاز العناصر المقاومة في المنشآت ، فهي تنجز في وضعيات أفقية (بطول في الاتجاه الأفقي أكبر بكثير من السمك) مثل الروافد والأرضيات ، أو في وضعيات شاقولية (بارتفاع أكبر بكثير من السمك) مثل الأعمدة والجدران . وفي كل حالة فإن للخرسانة تصرفات مختلفة وتكون معرضة لظواهر نراها فيما يلي:

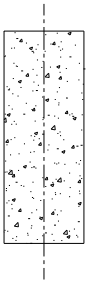




عنصر خرساني في وضعية أفقية

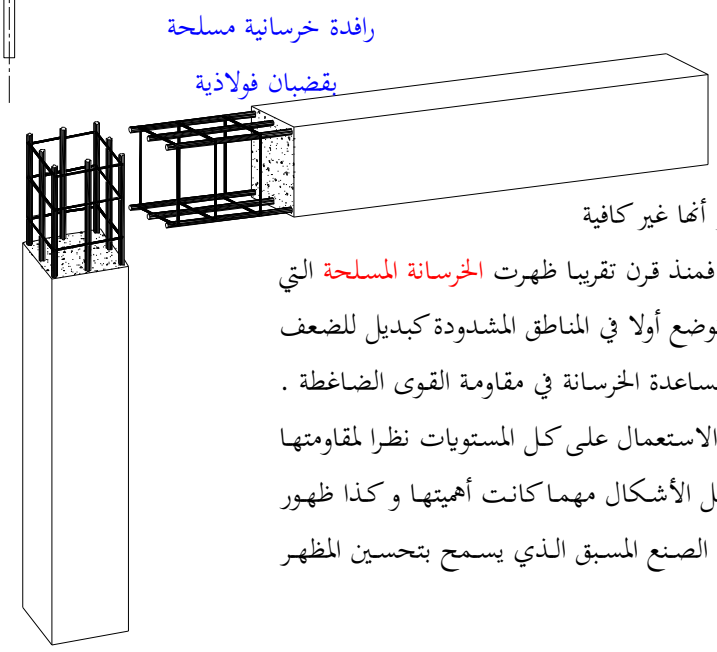
أدنى ما يكون معرضا إليه العنصر هو ثقله الذاتي ، وفي معظم الحالات يجعله التحميل الخارجي ينحني و كأنه يُضغط عليه في منطقة ويُشد في الأخرى ، فالمحتمل هو أن ينكسر أولا في المنطقة المشدودة لضعف الخرسانة أمام هذا النوع من القوى بالرغم من تواجد المنطقة الأخرى التي تقاوم الضغط نسبيا .





عنصر خرساني في وضعية شاقولية

تكون العناصر الشاقولية معرضة عموما لقوى ضغط تجد في الخرسانة مقاومة مقبولة لكنها محدودة ، وتبلغ الخرسانة حدها إذ تنهار مقاومتها بتكسُّر بنيتها الداخلية تحت فعل القوى الكبيرة فتصبح هشة قابلة للتفتت



كخلاصة فإن الخرسانة مادة يعرف أنها لا تقاوم قوى الشد و أن مقاومتها للقوى الضاغطة أفضل بكثير غير أنها غير كافية لضمان استقرار العناصر المصنوعة منها . فمنذ قرن تقريبا ظهرت الخرسانة المسلحة التي يعتمد صنعها على إضافة قضبان فولاذية توضع أولا في المناطق المشدودة كبديل للضعف الكلي للخرسانة ثم في المناطق المضغوطة لمساعدة الخرسانة في مقاومة القوى الضاغطة . أخيرا فإن للخرسانة المسلحة الصدارة في الاستعمال على كل المستويات نظرا لمقاومتها الميكانيكية و تصنيعها السهل والملائم لكل الأشكال مهما كانت أهميتها و كذا ظهور التقنيات الجديدة مثل الإجهاد المسبق و الصنع المسبق الذي يسمح بتحسين المظهر الخارجي للخرسانة .

VI – دراسة تركيب الخرسانة

عند خلط الإسمنت والمواد الحصوية والماء نحصل على خرسانة ، وتتغير خصائص المادة المحصل عليها بتغيير كمية مكون واحد من كل مكوناتها ، فيمكننا بهذا الحصول على عدد لا منته من الخرسانات . و حسب عمل العنصر الذي سينجز بالخرسانة المحصَّل عليها ستكون هذه الأخيرة رديئة أو مقبولة أو ذات نوعية حسنة .

وهناك طرق في دراسة تركيب الخرسانة قصد تحديد الكميات اللازم استعمالها للحصول على خرسانة ذات نوعية حسنة و أشهرها طريقة بولومي **la méthode Bolomey** .

طريقة BOLOMEY

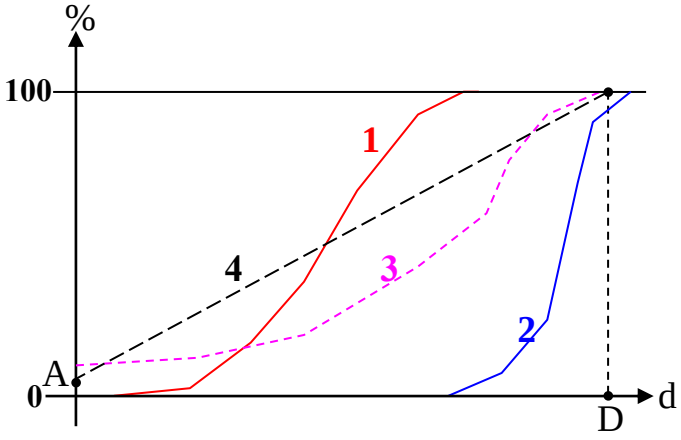
مبدأ الطريقة

تتم الدراسة للخليط الجاف لمكونات الخرسانة .

يعتبر الخليط مادة حبيبة تتميز بمنحناها الحبيبي ويوجد ضمن كل المنحنيات المحتملة منحنى واحد يتوافق و النوعية المرجوَّة للخرسانة يسمى المنحنى الأفضل **courbe optimale** حيث يجب تحديده .

البحث عن النسب المئوية لمكونات الخليط الجاف ذي المنحنى الحبيبي الذي يقترب الأكثر من المنحنى الأفضل .

استنتاج مكونات واحد متر مكعب من الخرسانة.



محاور المعلم

– الفواصل هي **d** أقطار الغرابل لكنها تمثَّل متناسبة مع $\sqrt{d}$.

– التراتيب كتل المارِّ بالغرابل بالنسب المئوية .

المنحنيات

1 – المنحنى الحبيبي للحبَّات الرقيقة أي رمل .

2 – المنحنى الحبيبي للحبَّات الخشنة أي الحصى .

3 – المنحنى الحبيبي للخليط .

4 – المنحنى الحبيبي الأفضل لخرسانة ذات استعمال معين .

القيم

A : النسبة المئوية للحبات الناعمة جدا المستحب استعمالها وهي للتحديد .

D : قيس الغربال الذي يكفي لتمرير كل حبَّات الخليط .

تحديد قيمة A

إن نسبة الحبات الناعمة جدا في خليط الخرسانة عامل يؤثر على قابلية تشغيل الخرسانة ، و قيمة **A** متعلقة بما يلي :

– التماسك المرجو للخرسانة .

– مصدر المواد الحصوية .

و تؤخذ قيمة **A** في الجدول الموالي :

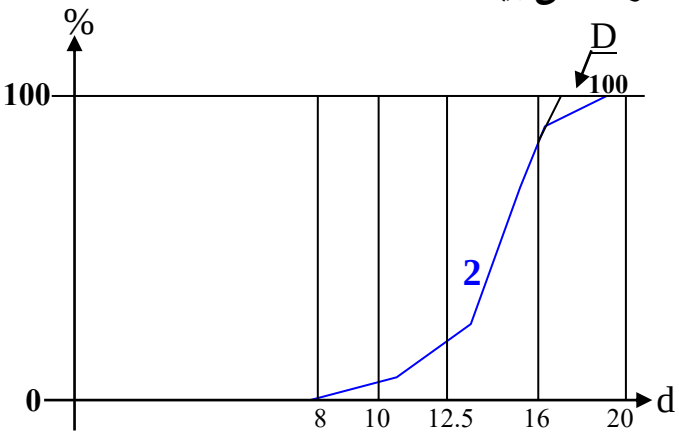
تماسك الخرسانة	حبَّات مستديرة	حبَّات مكسرة
خرسانة مرصوصة	6 إلى 8	8 إلى 10
خرسانة مسلحة	10	12 إلى 14
خرسانة مصبوبة	12	14 إلى 16

تحديد D

تحدد قيمة **D** بتمديد القطعة ما قبل الأخيرة من المنحني الحبيبي للحبَّات الخشنة نحو خط **100%** و تسجيل هذه القيمة اختياري لأنها لا تستعمل إلا بيانيا بينما نأخذ **D = 20** عندما يكون المجال

3/2 > D–16 المجال **20–16**

أو **D** على يمين النقطة **20** .



تحديد نسب المكونات

أي تحديد النسب المئوية لمكونات الخليط الجاف للخرسانة ، **C** (إسمنت) و **S** (رمل) و **G** (حصى)

1 – الإسمنت C

تعطى النسبة **C** بالعبارة :

$$C = \frac{\text{كتلة الإسمنت}}{\text{الكتلة الكلية للخليط الجاف}} \times 100$$

كتلة الإسمنت هي الكمية المستعملة لتحضير $1\ m^3$ من الخرسانة .

تجريبيا تقدَّر كتلة الخليط الجاف المحضر لصنع $1\ m^3$ من الخرسانة بـ **2200 Kg** .

$$C\% = \frac{\text{المعايرة}}{2200} \times 100$$

2 – المواد الحصوية G و S

حيث نستعمل في تحديد **S** و **G** الطريقة البيانية لجوازل **Joisel** التي تعتبر وفق الفرضيات الآتية ثلاث حالات.

– يمثل المجال d_1 d_2 قياسات الغرابل التي تمر بها الحبَّات الرقيقة .

– يمثل المجال d_3 d_4 قياسات الغرابل التي تمر بها الحبَّات الخشنة .

– يمثل المجال $\overline{0N}$ نسبة استعمال الحبَّات الرقيقة **C+S** .

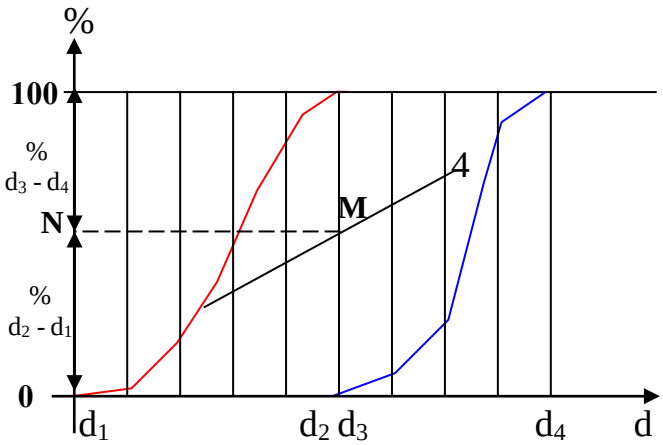
$$\overline{0N} = C + S$$

– يمثل المجال $\overline{N100}$ نسبة استعمال الحبَّات الخشنة **G**

$$\overline{N100} = G$$

الحالة الأولى : تجاور منحنيي المواد الرقيقة و الخشنة.

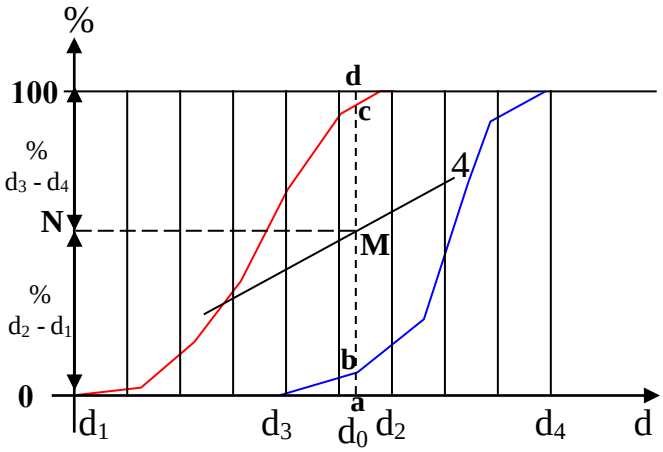
تطابق النقطتين d_2 و d_3



تحدد النقطة **N** بإسقاط **M** على محور التراتيب ، حيث **M** هي نقطة تقاطع المنحنى الحبيبي الأفضل للخليط الجاف (4) مع الخط الشاقولي المطابق للنقطة d_3 d_2.

الحالة الثانية : التطابق الجزئي للمنحنيين .

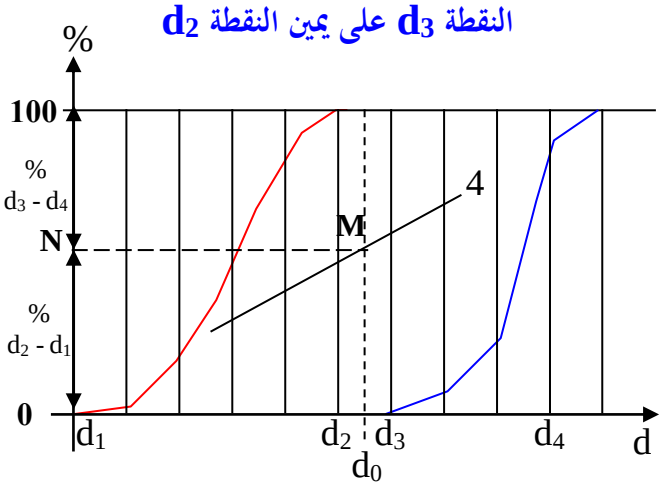
النقطة d_2 على يمين النقطة d_3



هنا **M** هي نقطة تقاطع المنحنى الحبيبي الأفضل للخليط الجاف (4) مع الخط الشاقولي المطابق للنقطة d_0 أين نسبة المار للحبَّات الخشنة يساوي نسبة الرفض للحبَّات الرقيقة أي عند تساوي القطعتين **ab** و **cd** .

الحالة الثالثة : عدم الاستمرار بين المنحنيين .

النقطة d_3 على يمين النقطة d_2



هنا يمثل d_0 النقطة ذات الفاصلة :

$$d_0 = \frac{d_2 + d_3}{2}$$

للتوضيح فإن الفاصلة d_0 لا توافق منتصف القطعة d_3 d_2 نظرا لطريقة تدرج محور الفواصل المستعملة للتحليل الحبيبي .

3 – الماء

لتحديد كمية الماء اللازمة للحصول على خرسانة ذات نوعية حسنة يجب الرجوع إلى بعض الفرضيات تتعلق بكمية الماء اللازمة لبلِّ كتلة معينة من مادة حبِّية جافة ، فكمية الماء هذه مرتبطة بقياسات الحبَّات و نميز بهذا بين حالتين هما:

– للحبَّات المارة بغربال **0.16** أي $D < 0.16mm$

$$Eau = 0.23 \times P$$

– **P** هو كتلة الحبَّات للبلِّ .

– للحبَّات الباقية بغربال **0.16** أي $D \geq 0.16mm$

$$Eau = \frac{K \times P}{1.17 \cdot \sqrt[3]{d_1 d_2}}$$

- P – هو كتلة الحبَّات للبلّ .
- d_1 – هو قطر أصغر الحبَّات للبلِّ .
- d_2 – هو قطر أكبر الحبَّات للبلِّ .
- K – معامل معطى في الجدول الآتي .

تماسك الخرسانة	حبَّات مستديرة	حبَّات مكسرة
خرسانة مرصوصة	0.08	0.095
خرسانة مسلحة	0.09 إلى 0.095	0.10 إلى 0.11
خرسانة مصبوبة	0.10 إلى 0.11	0.12 إلى 0.13

دراسة طريقة Bolomey عبر مثال

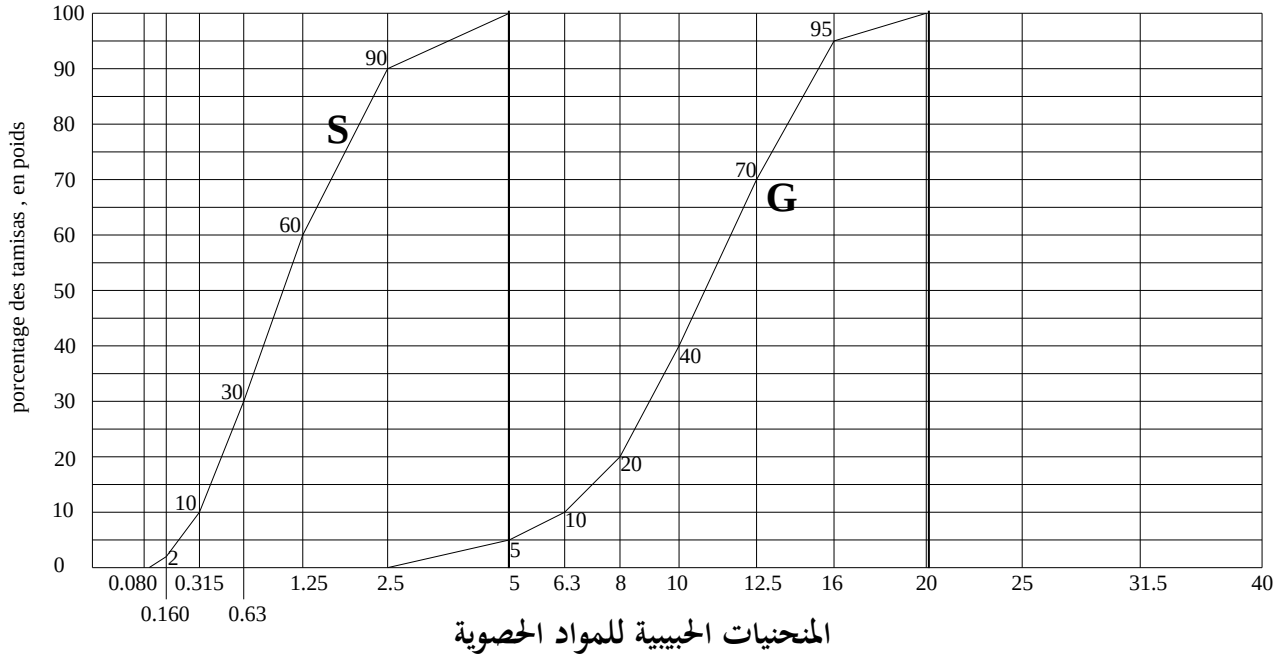
المعطيات

المنحنيات الحبيبية للمواد الحصوية (الشكل أدناه)

مصدر المواد الحصوية : مستديرة .

نوع الخرسانة المقصود : خرسانة مسلحة .

معايرة الخرسانة : 350Kg من الإسمنت .



المنحنيات الحبيبية للمواد الحصوية

تحديد نسبة الإسمنت C

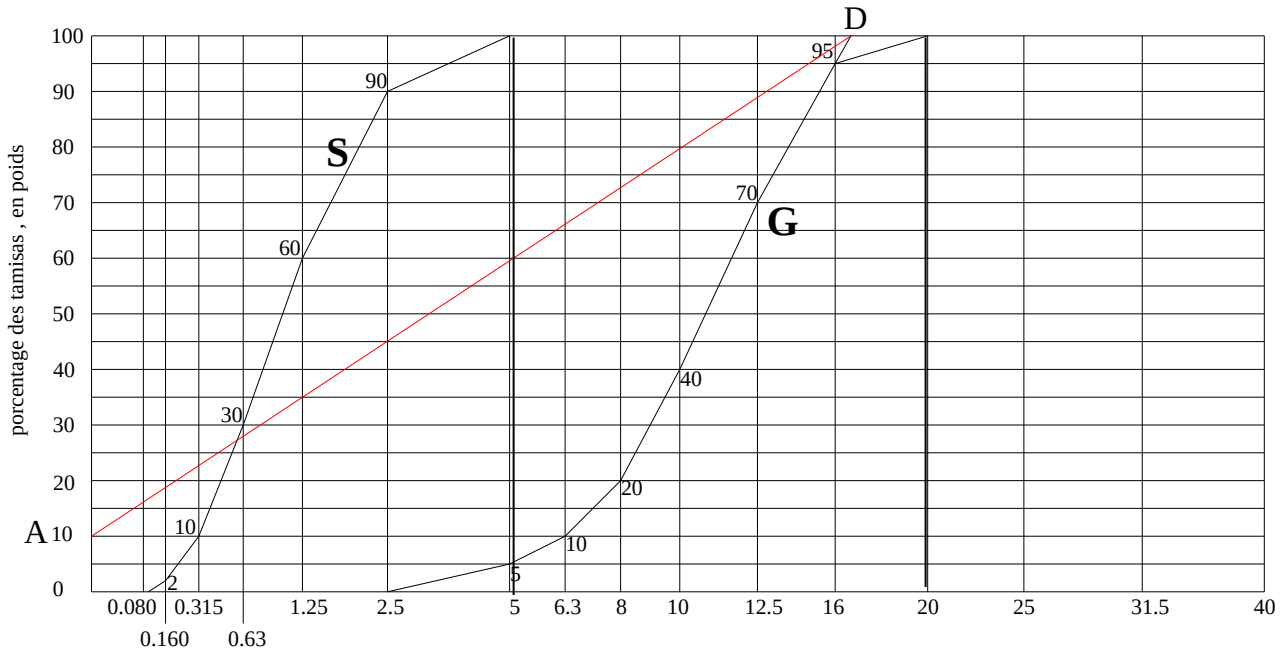
$$C\% = \frac{\text{المعايرة}}{2200} \times 100 \qquad \text{مع المعايرة المعطاة } 350\ kg$$

C = 15.9 %

2 – تحديد المنحنى الحبيبي الأفضل

جدول قيم **A** يعطي حسب المعطيات (خرسانة مسلحة بمواد حصوية مستديرة) **A = 10** .

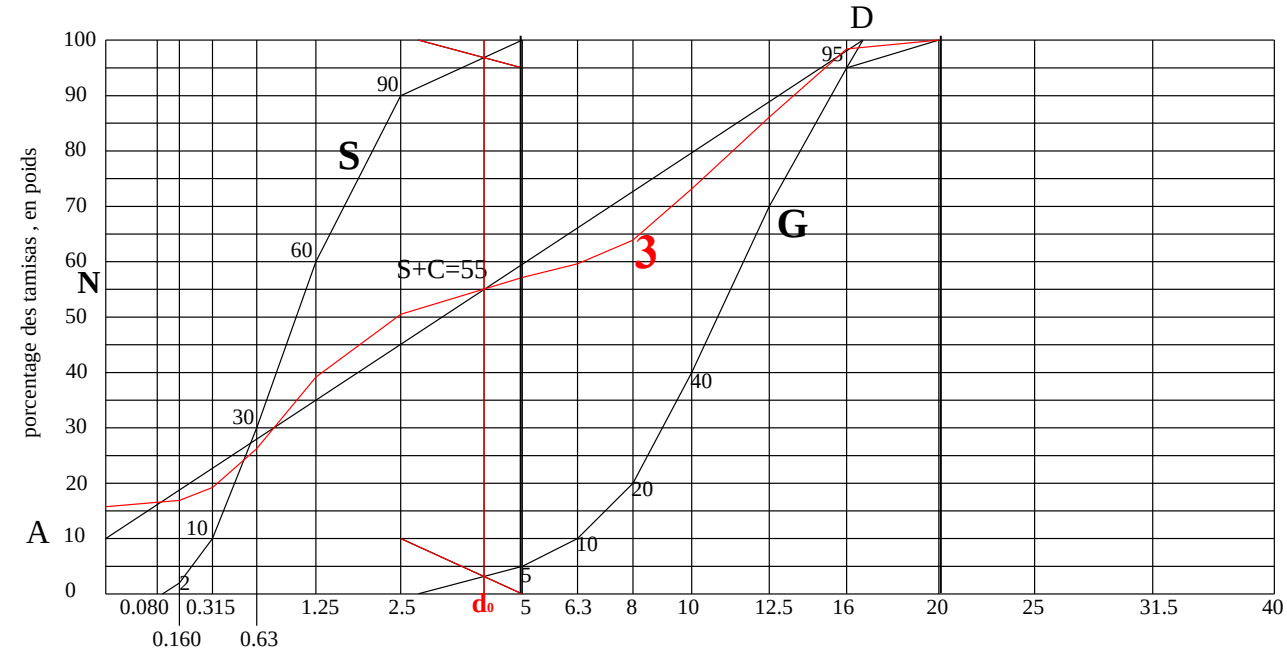
تحديد **D** مثلما هو مبين سابقا و منه المنحنى الأفضل كالآتي :



3 – تحديد نسب المكونات

تحديد d_0 وفق حالة التطابق الجزئي للمنحنيات .

ثم استنتاج قيم **S** و **G** حيث. **0N = 55 %** و بالتالي **S +C** و **N100 = 45 %** و بالتالي **G**.



Observations

S+C=55 G=45

C=15.9

S=39.1

ملاحظة : أن تمثيل المنحنى الحبيبي للخليط الجاف (3) الممثل في البيان أعلاه لا يتم إلا بعد حساب نقاطه مستعينين في ذلك بالجدول الآتي :

Constituants	%	20	23	26	29	32	35	38	39	40	41	N°
		0.080	0.160	0.315	0.63	1.25	2.5	5.0	6.3	8	10	D
Ciment	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	
Sable	39.1		0.8	3.9	11.7	23.4	35.2	39.1	39.1	39.1	39.1	
Gravillon	45.0							2.2	4.5	9	18.0	
Totaux	100.0	15.9	16.7	19.8	27.6	39.3	51.1	57.2	59.5	64.0	73.0	

Constituants	%	42	43	44	45	46	47	48	49	50		N°
		12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80		D
Ciment	15.9	15.9	15.9	15.9								
Sable	39.1	39.1	39.1	39.1								
Gravillon	45.0	31.5	42.7	45.0								
Totaux	100.0	86.5	97.7	100.0								

للعلم فإن خانات الجدول تحتوي على نسبة المار لكل غربال .

النسبة 15.9 % للإسمنت تمرُّ بجميع الغرابل لهذا سنجدها في كل عمود من الجدول .

بالنسبة للرمل يجب الرجوع إلى المنحنى الحبيبي المعطى و استنتاج ما يلي :

لا شيء يمر بغربال 0.080 إذا صِفر للرمل في هذا العمود .

عبر غربال 0.160 المارّ هو 2 % من الرمل (أي من S = 39.1) أي نسبة 0.8 تقريبا .

عبر غربال 0.315 و بنفس الطريقة : 10 % من 39.1 أي نسبة 3.9 تقريبا .

هكذا دواليك حتى غربال 5.0 الذي يمرِّر كل الرمل أي 39.1 % التي ستدوَّن في باقي الأعمدة و معها يمر 5% من الحصى (أي G = 45%) أي نسبة 2.2 تقريبا .

تحديدكمية الماء E

D < 0.16 mm

- الإسمنت 350kg
- الرمل الناعم الجدول (سطر sable عمود 0.160) يعين 0.8% من 2200 ..... 18kg
- المجموع 368kg

Eau = 368 x 0.23 = 85 kg

$D \geq 0.16$ mm

$K = 0.09$ –

– من المنحنى الحبيبي للحصى $d_1 = 0.16$ mm و $d_2 = 16.6$ mm

– الكتلة الكلية للخليط الجاف 2200kg

– كتلة مجموع العناصر الأصغر من 0.16 (محسوبة أعلاه) 368kg

– الباقي و الأكبر من 0.16 ..... 1832kg

– إذن : $\text{Eau} = \frac{0.09 \times 1832}{1.17 \cdot \sqrt[3]{0.16 \times 16.6}} = 102\text{kg}$

– في المجموع الكمية اللازمة لبلّ كل الحبَّات هي : $E = 85 + 102 = 187\text{kg}$

– والجدير بنا هنا أن نعبر على الماء مثل سابقاته من المكونات بالنسبة للكتلة الكلية للخليط الجاف ، فيكون :

$$E = \frac{187}{2200} \times 100 = 8.5\ \%$$

مكونات واحد متر مكعب من الخرسانة

النتائج المحصل عليها سابقا هي نسب مئوية يستحسن تحويلها إلى كتلة $(100 + E)$kg من خرسانة أي

$$15.9 + 39.1 + 45.0 + 8.5 = 108.5\ \text{kg}$$

الهدف من هذه المرحلة هو التعبير على كل مادة بوحدتها الخاصة ، kg للإسمنت و L للرمل وللحصى والماء .

يجب لهذا إتِّباع المراحل الآتية و تطبيقها مباشرة في الجدول ظمن الوثيقة التي تحمل أسم :

Etude d'un béton BOLOMEY

و لهذا يجب الرجوع إلى الكتل الحجمية الظاهرة والمطلقة لكل مادة .

	الكتلة الحجمية المطلقة kg/dm^3	الكتلة الحجمية الظاهرة kg/dm^3
الإسمنت	3.10	1.00
الرمل	2.60	1.50
الحصى	2.50	1.45
الماء	1.00	1.00

– في الجدول ، تحسب الحجوم المطلقة التي تشغلها كل مادة في 108.5kg من الخرسانة (العمود 4) بتقسيم الكتل (قيم العمود 2)على الكتل الحجمية المطلقة (قيم العمود 3) مثلا للإسمنت :

$$\frac{15.9}{3.10} = 5.13\ kg/dm^3$$

و مجموع الحجوم المطلقة في نفس العمود هو الحجم المطق لكتلة 108.5kg من الخرسانة .

– في العمود 5 تُحسب كتلة $1m^3$ من الخرسانة بتقسيم مجوع العمود 2 على مجموع العمود 4

$$\frac{\sum 2}{\sum 4} = \frac{108.5}{46.67} = 2.325\ kg/dm^3 = 2325\ kg/m^3$$

– في العمود 6 تُحسب نسب الكتل إلى الكتلة الكلية، مثلا للإسمنت.....

$$\frac{2}{\sum 2} = \frac{15.9}{108.5} \times 100 = 14.7\ \% \ldots\ldots$$

في – العمود 7 يحدد تكوين $1m^3$ من الخرسانة بحساب كتلة كل مكون بضرب الكتلة الحجمية للخرسانة (العمود 5) في قيم العمود 6 مثلا للإسمنت

$5 \times 6 = 2325 \times 14.7\% = 342kg$

و تُرجع هذه القيمة إلى **350kg** المفروضة بحكم اختيار نوع الخرسانة .

– في العمود **9** تحول كتل العمود **7** و خاصة كتل الرمل والحصى والماء إلى حجوم ظاهرة لأن وحدة **1L** = **$1dm^3$**

هي التي تستعمل لهذه المواد في قياس كمياتها عند تحضير الخرسانة . و يتم الحساب بضرب الكتل في قيم العمود **8** .مثلا للرمل $7 \times 8 = 837 \times 1.5 = 558dm^3$

Etude d'un béton BOLOMEY

Date :…./…./…… **Désignation : étude d'un béton pour béton armé à partir de granulats roulés**

Opérateur :……

Détermination de A

Consistance / Granulats	Béton damé	Béton armé	Béton coulé
Roulés	6 à 8	10	12
Concassés	8 à 10	12 à 14	14 à 16

Détermination de C

Dosage kg/m³	150	200	220	250	300	330	350	400	440	450	500	550	600
C %	6.8	9.1	10.0	11.4	13.6	15.0	15.9	18.2	20.0	20.5	22.7	25.0	27.3

Détermination de E : $E = \frac{187}{2200} \times 100 = 8.5\%$

composants	composants En poids	m-v absolues	composants en volumes	m-v du béton	Poids En %	composition en poids	m-v apparente	composition en v-app
1	2	3	4	5	6	7	8	9
			2/3	Σ2/ Σ4	2/ Σ2	5x6		7/8
C	15.9	3.10	5.13	2325 kg/m³	14.7	(350) 342	1.0	350
S	39.1	2.60	15.04		36.0	837	1.5	558
G	45.0	2.50	18.00		41.5	965	1.45	666
E	8.5	1.0	8.50		7.8	181	1.00	181
Totaux	108.5		46.67		100.0	2325		

Observations :

الفصل الرابع

المنشأ السفلي

الأساسات

الأساسات السطحية

الأساسات نصف العميقة

الأساسات العميقة

الجدران الساندة

التطهير

I – الأساسات

تختلف منشآت الهندسة المدنية من حيث الأهمية والهدف، إلا أنها تشترك في كونها تتكون من جزأين أساسيين، جزء بارز علوي هو المنشأ العلوي وآخر باطني سفلي، يعرف بالمنشأ السفلي

يحتوي المنشأ السفلي على الأساسات وشبكات التطهير.

الأساسات Fondations

الأساسات هي الجزء السفلي في المنشأ، دورها استقبال مجموع الحمولات الخارجية الأفقية منها والعمودية أو المائلة، دائمة كانت أو متغيرة (الوزن الذاتي لعناصر المنشأ، الأثاث والتجهيز والأشخاص، الرياح والزلازل ودفع التربة) وإيصالها إلى طبقة التربة الملائمة التي تعرف بطبقة التأسيس، بغرض تحقيق مقاومة واستقرار المنشأ.

مجموع الحمولات هذه، يؤدي إلى ارتصاص التربة تحت الأساسات مما يجعل هذه الأخيرة عرضة لاحتمال حركة عمودية تعرف بالهبوط tassement أو أفقية هي الانزلاق glissement .

يحدث الهبوط في حالات عدم تجانس خصائص طبقة التأسيس أو تغير سمكها من أساس لآخر إذا كانت طبقة ردم. كما يكون اختلاف أهمية أقسام المنشأ من حيث طبيعة الحمولات أو عدد الطوابق مسببا لهذا الهبوط.

أما الانزلاق فيكون بتأثير دفع التربة أو ميل أرضية المنشأ.

تصنيف الأساسات

ترتبط الأساسات بأهمية المنشأ ونوعية التربة. إذا كانت طبقة التأسيس على عمق صغير يمكن الوصول إليها بواسطة الحفر السطحي، تستعمل الأساسات السطحية، أما إذا كانت على عمق كبير، يختار حل الأساسات نصف العميقة أو العميقة.

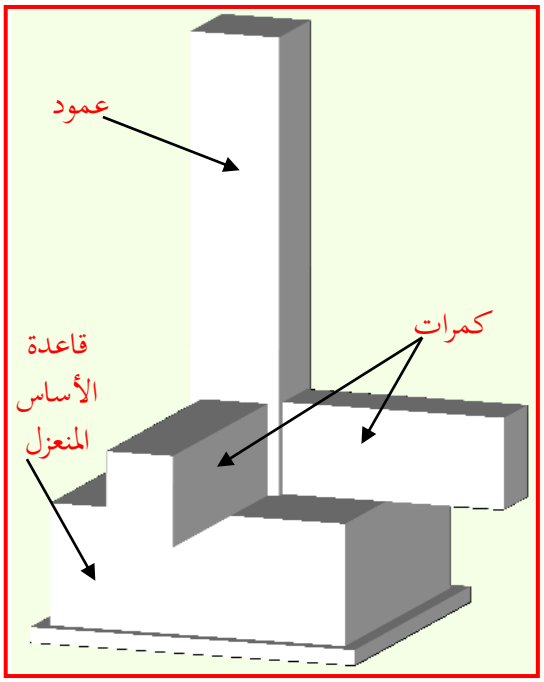
ترتبط أبعاد الأساس بعمقه بعلاقة تحدد صنف الأساس.

الأساسات سطحية ..... $D/B < 4$

الأساسات نصف عميقة..... $4 \leq D/B < 10$

الأساسات عميقة ..... $D/B \geq 10$

حيث يمثل "D " عمق طبقة التأسيس و" B " البعد الصغير للأساس



الأساسات السطحية Fondations superficielles

ترتكز الأساسات السطحية على طبقة تأسيس قريبة من السطح الخارجي، تختلف باختلاف أشكالها وطبيعة العناصر التي تنتهي إليها.

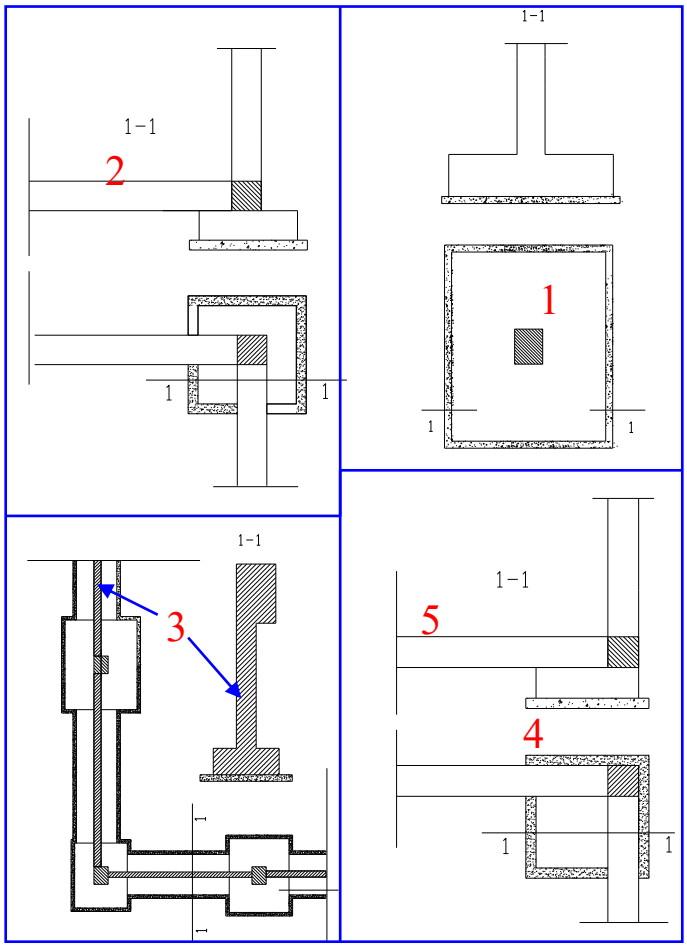
فنميز لذلك:

الأساسات المنعزلة أو المنفردة Semelles isolées

الأساسات المستمرة Semelles filantes

الأساسات المساحية (اللبشات) Radiers

الأساسات المنعزلة



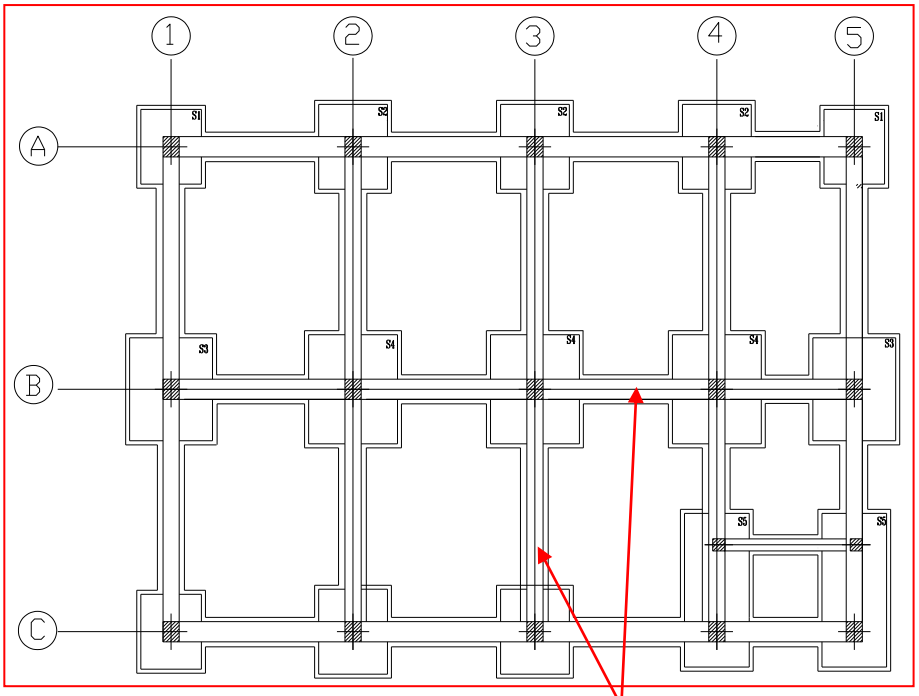
– الأساس المنعزل قاعدة لعمود، معرض لقوة مركزة، شكله في المستوي الأفقي مربع أو مستطيل بأبعاد متقاربة. عدد الأساسات المنعزلة في منشأ مرتبط بعدد أعمدته.

– تتوافق محاور الأساسات ومحاور الأعمدة لتعطي أساسات متمركزة Semelles centrées (1).

– لتفادي هبوط أو انزلاق الأساسات المنعزلة، تربط بواسطة عناصر أفقية تعرف بالكمرات Longrines(2) في الاتجاهين الرئيسيين الطولي والعرضي للمبنى، كما يمكن الاستغناء عنها في حالة تطويق المبنى بجدار خرساني مسلح يعرف بجدار الإحاطة Voile périphérique (3) .

– في حالة البنايات المتجاورة، يستحيل إنجاز أساسات متمركزة نتيجة التقارب الشديد للمبنيين، فتصبح الأساسات غير متمركزة Semelles excentrées (4) وتتحول الكمرة عندها إلى رافدة تدعيم Poutre de redressement (5).

تكون هذه الأخيرة أكثر أهمية لأنها تعمل على تحقيق استقرار الأساس ضد احتمال الانقلاب.



ربط الأساسات بكمرات

يعتمد إنجاز الأساسات ميدانيا على المخططات التنفيذية التي تحتوي على تفاصيل كل العناصر من خلال منظر شامل لأساسات المنشأ مع تفصيل كل أساس.

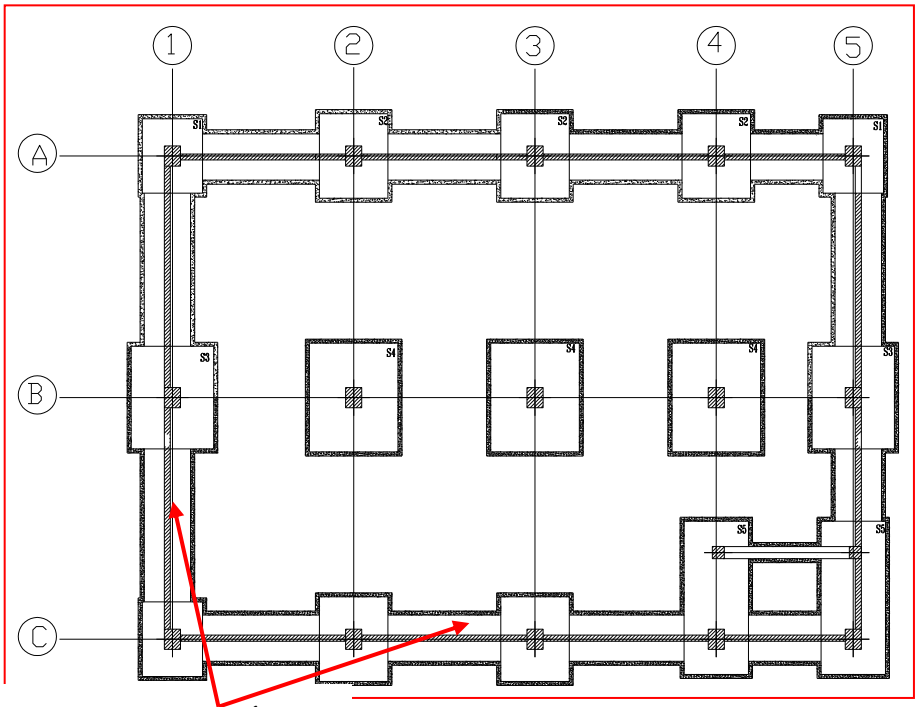
ومخططات قولبة الأساسات تبين وضعيات الأساسات وأبعادها وكيفية ربطها ببعضها إما بكمرات أو بجدار إحاطة.

من خلال مخطط القولبة تتضح وضعيات الأساسات وأنواعها باختلاف أبعادها بنقاط تقاطع محاورها، فنميز:

أساسات الركن Semelles d'angle :
A1 – A5 – C1 – C5

أساسات الحافة أو الطرف Semelles de rive :
A2 – A3 – A4 – B1 – B5 – C2 – C3 – C4

أساسات الوسط Semelles centrales :
B2 – B3 – B4



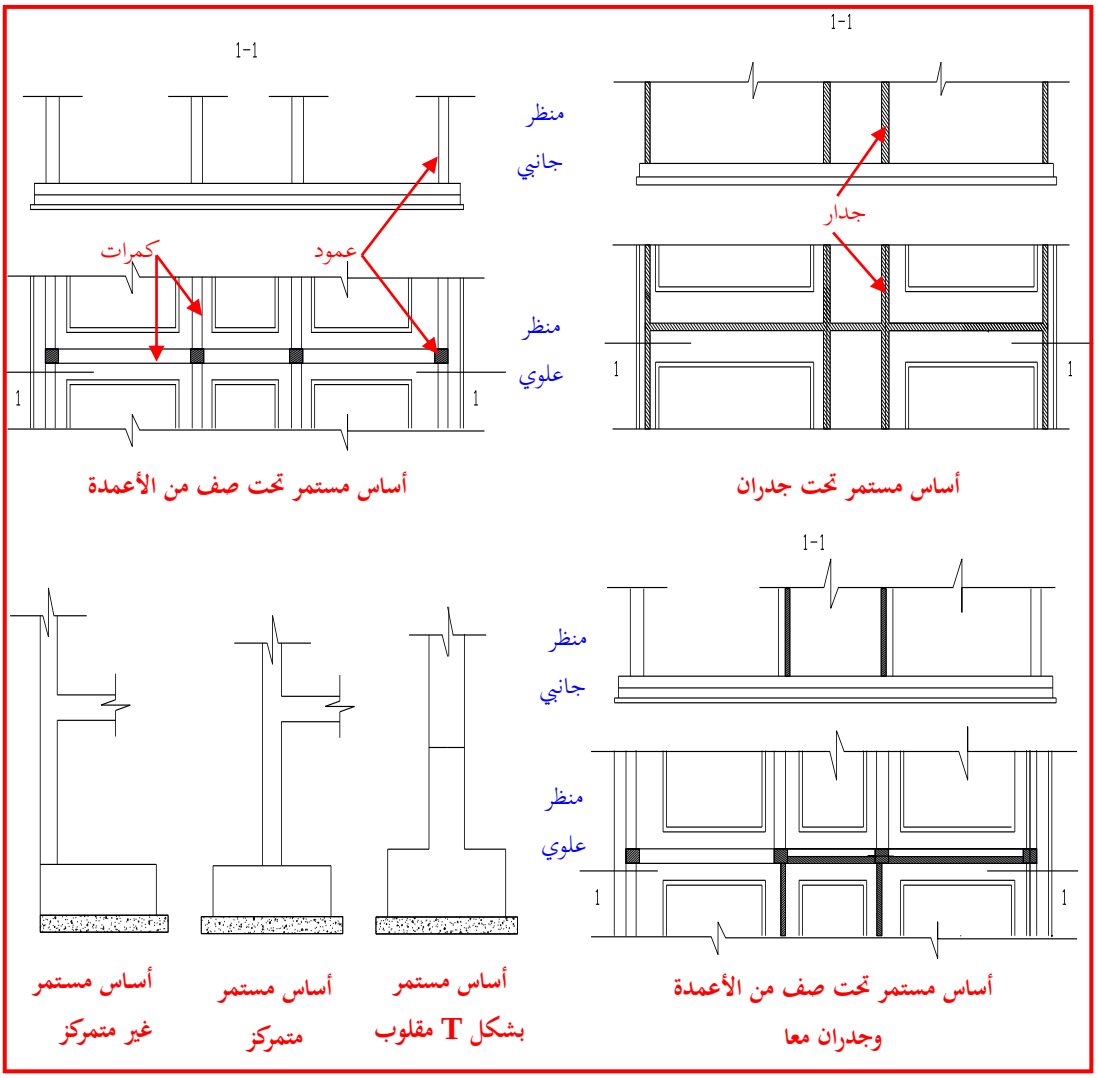
ربط الأساسات بجدار إحاطة

الأساسات المستمرة

الأساس المستمر أساس لجدار أو صف من الأعمدة في حالة تقارب هذه الأخيرة أو تقارب أساساتها المنعزلة إذ لا يجب أن تقل هذه المسافة بين حفرتي أساسين منعزلين عن 70سم كما يكون أساسا لجدار وصف أعمدة معا.

يتميز الأساس المستمر بطول كبير مقارنة مع العرض والارتفاع. يمكن أن يكون متمركزا أو غير متمركز.

المقطع العرضي للأساس المستمر مستطيل كما يمكن أن يكون على شكل حرف T مقلوب.

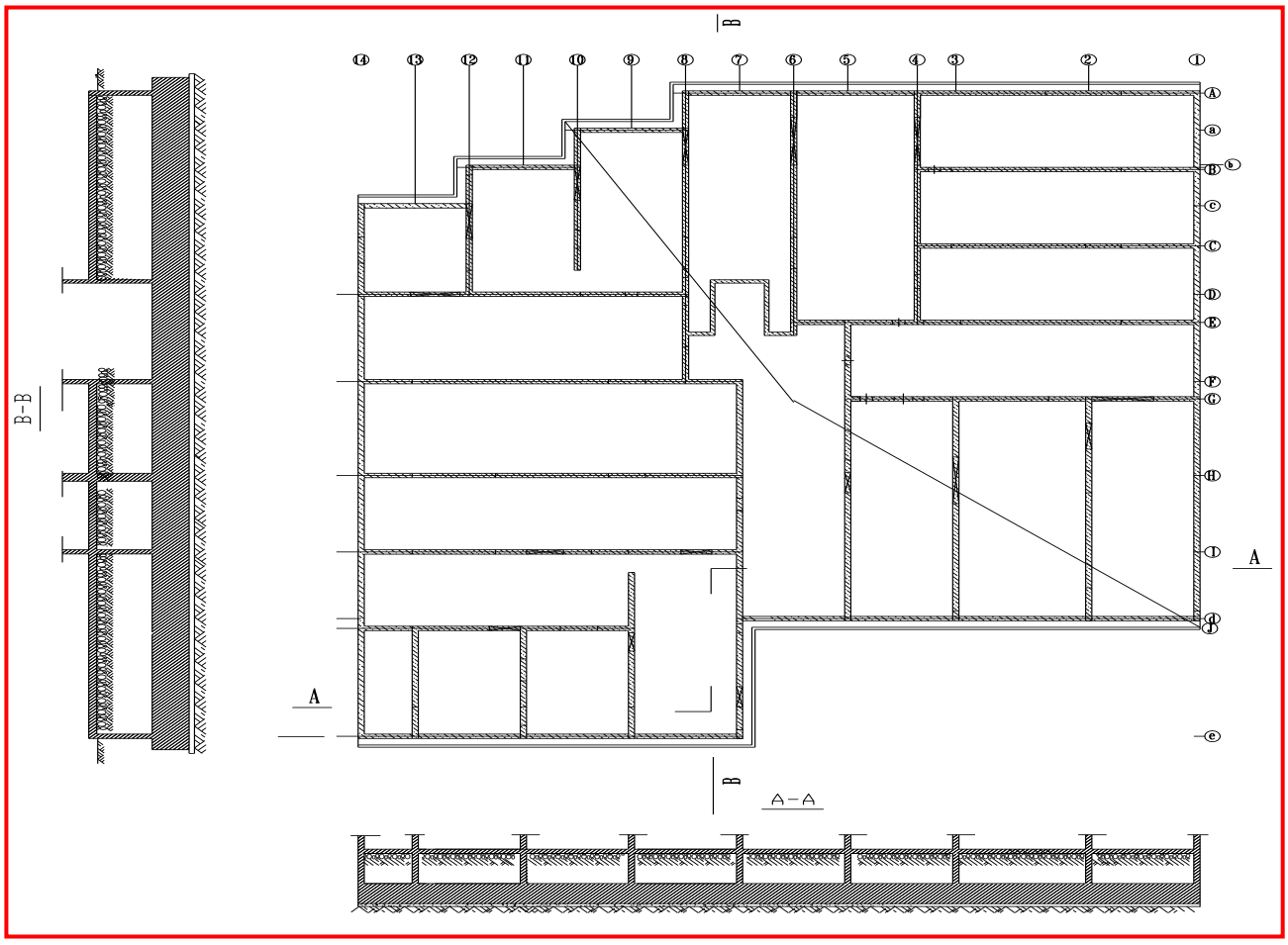


الأساسات

المساحية

إذا كانت طبقة التأسيس رديئة الخصائص، تصبح الأساسات منعزلة كانت أو مستمرة كبيرة جدا تصل بأبعادها حتى التداخل، لذا يختار حل الأساسات المساحية أو اللبشات.

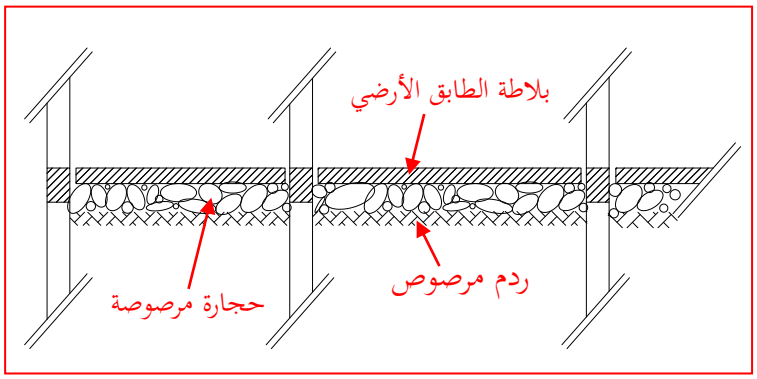
يمتد الأساس المساحي على المساحة الكلية للمنشأ ويحمل جدرانا أو صفوف أعمدة أو كليهما.



التدبيش

بلاطات الطوابق الأرضية في المنشآت تكون عموما مستقلة عن الهيكل بفواصل عمودية سمكها لا يزيد عن 2cm، لكنها يشترط أن توضع فوق طبقة تدبيش Hérissonnage

تتكون طبقة التدبيش من حجارة مرصوصة بسمك 20 cm توضع فوق ردم مرصوص على طبقات.



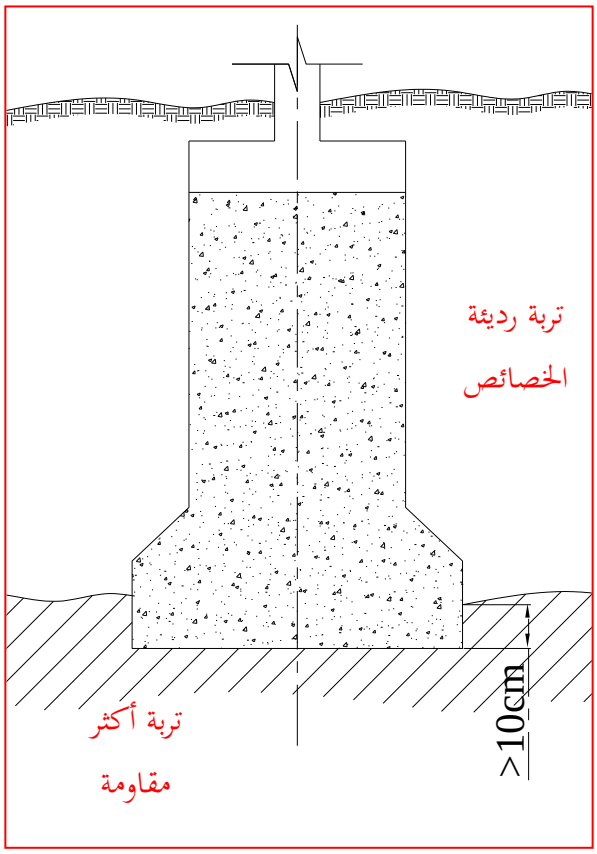
ملاحظات

– تستعمل الأساسات السطحية بأنواعها في أغلبية منشآت البناء أما المستمرة والمساحية فتستعمل أحيانا في منشآت الأشغال العمومية كالجسور مثلا .

– حماية الأساسات من تأثير التربة تتم بطبقة من خرسانة النظافة béton de propreté بسمك متوسط يعادل 10cm

الأساسات نصف العميقة

تعريف هي حفر ذات مقاطع عرضية ضيقة وعمق كبير تملأ بعد الحفر مباشرة بالخرسانة تعرف بالآبارPuits، يمكن إنجازها إما بوسائل يدوية بسيطة أو بواسطة الآلات.المقاطع العرضية للآبار مستديرة، مربعة أو مستطيلة ببعد أدنى لا يقل من **1.20m** كقطر أو ضلع، وعمق أقصى لا يتجاوز **8.00m** .



و يختار الأساس نصف العميق عند استحالة استعمال الأساس السطحي نتيجة رداءة خصائص الأتربة على هذا العمق و تواجد طبقات أكثر مقاومة تحت الطبقات السطحية الرديئة تكون قادرة على تحمل تأثيرات المنشأ .

تتم عملية الحفر يدويا أو بواسطة الآلات مع ضرورة التدعيم أو التدريع لمنع انهيار جوانب الحفر. بعد استخراج الأتربة المزاحة تصب الخرسانة بواسطة أنابيب للمحافظة على تجانسها. تتم استعادة صفائح التدريع مع تقدم عملية الصب..

يشترط أن تثبت الآبار داخل طبقة الأتربة المقاومة على سمك لا يقل عن **10 cm**

إذا صادفنا وجود الماء في الطبقات الداخلية يشترط ضخه أو تحويل مساره.

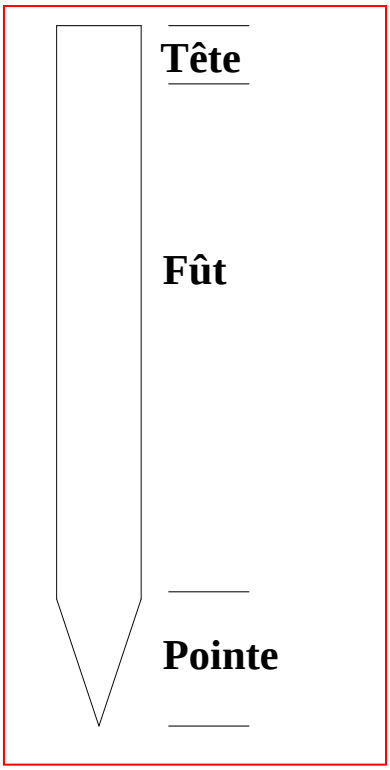
الأساسات العميقة

إذاكانت الطبقة الحاملة التي تتحمل تأثير حمولات المنشأ كبيرة الأهمية على عمق كبير، يتحتم الوصول إليها بواسطة الأساسات العميقة المتمثلة في الخوازق.

الخوازق عناصر طويلة ذات مقطع عرضي صغير، يكون دائريا أو على شكل مضلع. نسبة القطر إلى الإرتفاع تكون عموما في حدود العشر **10/1** كأقصى حد. تتكون من ثلاثة أقسام مميزة:

Tête	القمة
Fût	الجذع
Pointe	الحد

إضافة إلى المقاومة الكبيرة التي تمنحها الأساسات العميقة، فهي تسمح بتفادي تأثير الهبوط الذي تتعرض له الطبقات السطحية الطينية شديدة الإرتصاص.



تصنيف الخوازق

تصنف الخوازق انطلاقا من عاملين أساسيين هما: طريقة الصنع وطريقة التنفيذ أو الإنجاز. فنميز

انطلاقا من طريقة الصنع:

الخوازق الجاهزة Pieux préfabriqués

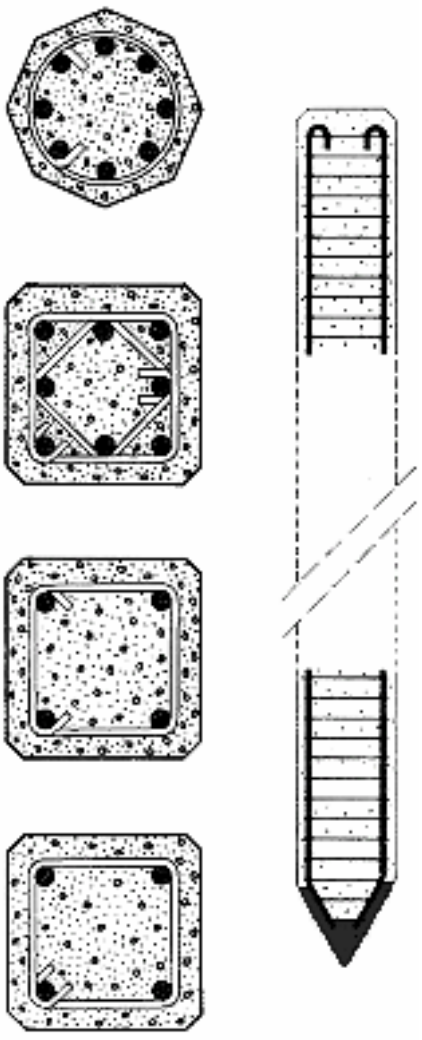
الخوازق المصبوبة في الميدان Pieux coulés en place

أما اعتمادا على طريقة التنفيذ، فنميز:

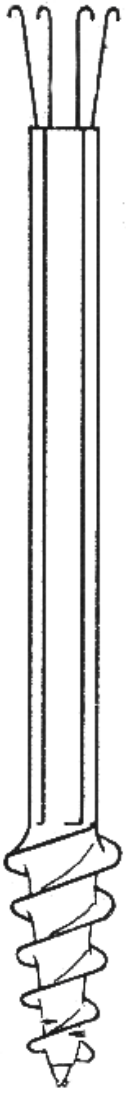
الخوازق المطروقة Pieux battus

الخوازق المقولبة Pieux moulés

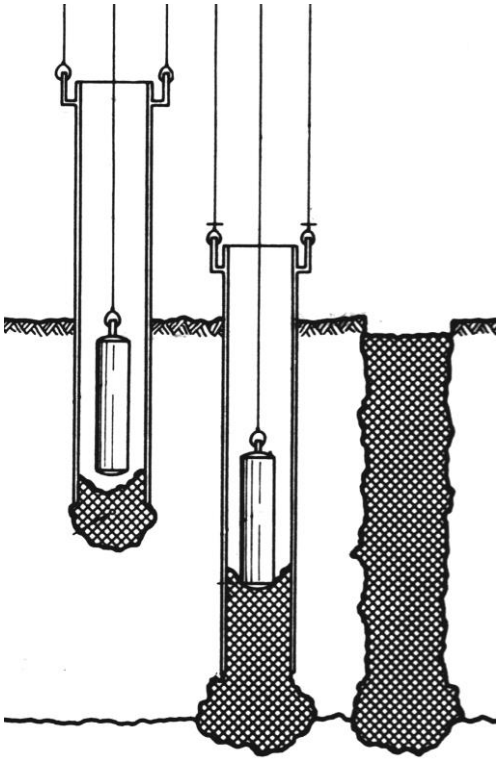
الخوازق المصبوبة في الحفر Pieux forés



خازوق مطروق من الخرسانة المسلحة



خازوق ملولب



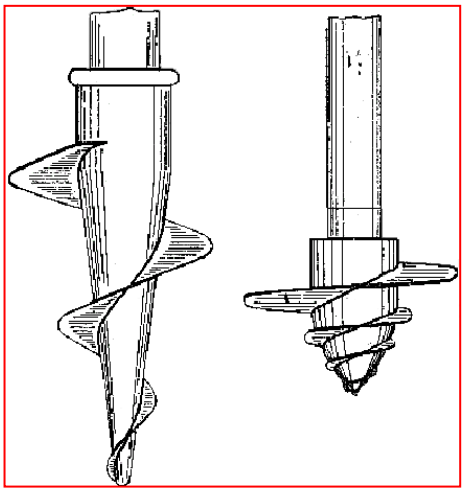
خازوق مقولب في التربة

الخوازق الجاهزة: تتمثل في الخوازق الخشبية التي أصبح ميدان استعمالها شبه منعدم في وقتنا الحالي، الخوازق الفولاذية، الخوازق الخرسانية المسلحة الجاهزة، الخوازق الخرسانية مسبقة الإجهاد.

الخوازق الخشبية Pieux en bois: تعتمد في صنعها على مادة الخشب، تحاط قمتها بطوق حديدي لتفادي تهشيمها أثناء عملية التطريق، كما يحاط الحد بحافر حديدي لحمايته من الانكسار عند التطريق.

من مميزات الخوازق الخشبية : سهولة تشكيلها، وقلة تكلفتها

مساوئ الخوازق الخشبية عديدة منها: تلف الخشب، ضعف سرعة اختراقها للطبقات أثناء عملية التطريق بسبب الاحتكاك **frottement latéral** الجانبي مما يؤدي إلى احتمال انكسارها.



الخوازق الفولاذية Pieux métalliques: تتكون من الفولاذ الناتج عن إضافة نسبة معينة من الكربون إلى الحديد. مقاطعها العرضية مختلفة منها البسيط والمركب، إضافة إلى ما يعرف بالخوازق اللولبية

من مميزات الخوازق الفولاذية : سرعة اختراقها للطبقات دون إلحاق أية أضرار بالمنشآت المجاورة بسبب انعدام الاحتكاك الجانبي على مساحتها الخارجية . إمكانية الزيادة في طولها بتلحيم جزء أو أجزاء أخرى بالعنصر الأصلي . المقاومة العالية خاصة للانحناء .

من مساوئها : احتمال الصدأ أو التأكسد الذي يؤدي إلى ظاهرة التآكل التكلفة الباهظة الناتجة عن المادة الأولية وأعمال الصيانة التي تتمثل في ضرورة معالجتها ببعض الإضافات كالنحاس أو النيكل والسيلسيوم والكروم، أو الطلاء المكون من راتنج الزنك **Résine de Zinc** أو بعض المواد الزفتية.

الخوازق الخرسانية المسلحة الجاهزة Pieux préfabriqués: تعرف انتشارا واتساعا واضحين في ميدان الاستعمال منذ عشرات السنين، مقطعها العرضي دائري، مربع أو مضلع، يتراوح طولها بين **20.00m** و**30.00m**، يشكل حدها بتضييق تدريجي للجذع أو بإضافة الحافر الحديدي لهذا التضييق.

من مميزات الخوازق الخرسانية:

إمكانية مراقبة المادة الأولية المستعملة

التكلفة أقل ارتفاعا مقارنة بالخوازق الفولاذية

مدة استغلالها تقريبا غير محدودة

إمكانية التشكيل حسب الطلب

المقاومة العالية

سهولة ربطها بأقسام المنشآت العليا

من مساوئها:

طول مدة تصلب الخرسانة قبل إمكانية نقلها وتطريقها

رفع الخوازق الطويلة دقيق

خطر تدهور بعض الخصائص أثناء التطريق

استحالة التثبيت في الطبقات الصخرية

ملاحظة: توضع الخوازق الجاهزة بمختلف أنواعها المذكورة سابقا في مواضعها ميدانيا بالإعتماد على طريقة الطرق أو التطريق.

التطريق Battage

تتمثل هذه الطريقة في تسليط ضربات خارجية بواسطة آلات خاصة على قمم الخوازق تجعل هذه الأخيرة تخترق طبقات الأتربة حتى الوصول إلى طبقة التأسيس. حماية القمة ضرورية أثناء الطرق لتفادي تهشيمها.

الأصناف الخاصة للخوازق الجاهزة الفولاذية أو الخرسانية، يستعان في وضعها ميدانيا على الحد اللولبي أو الملولب. وهي تقدم مميزات عديدة لكونها لا تعرض المنشآت المجاورة لأي خطر نظرا لانعدام الاهتزاز تقريبا. كما أنها تتميز بسرعة اختراقها للطبقات مما يقلص في مدة إنجازها.

القولبة Moulage

الخوازق المصبوبة في الميدان: تتشكل من خرسانة مصبوبة في الميدان داخل أنابيب مدمجة ببعضها موضوعة مسبقا أو مصبوبة في الحفر مباشرة.

نميز ثلاثة أنواع هي:

الخوازق ذات الأنابيب المستعادة

Pieux à tubes récupérables

تصب خرسانة هذه الخوازق داخل أنبوب مطروق على طبقات، يستعاد القالب فيها تدريجيا مع تقدم عملية صب الخرسانة.

الخوازق ذات الأنابيب المفقودة

Pieux à tubes perdus

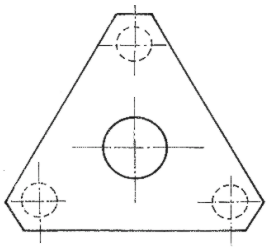
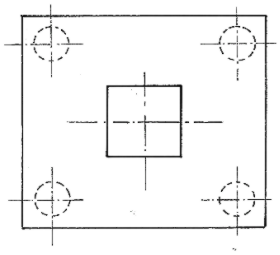
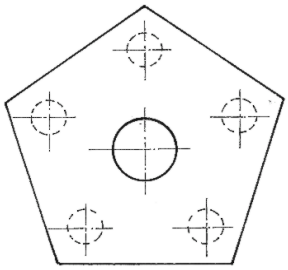
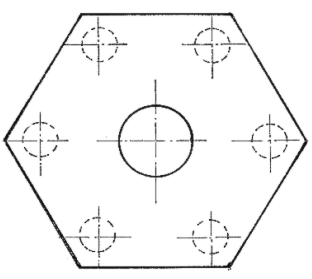
في هذا النوع من الخوازق، لا تستعاد الأنابيب المستعملة في صب الخرسانة.

الخوازق المصبوبة في الحفر **Pieux forés**

يستعمل هذا النموذج في الأتربة المتماسكة (الطينية مثلا)، مع انعدام طبقات المياه. يمكن لعمق الحفر أن يصل **45.00** م، وهذا باختلاف أهمية العتاد المستعمل. تتميز هذه الخوازق بأقطار كبيرة، بإمكانها اختراق كل أنواع الطبقات دون أي خطر اهتزازات. أما مساوئها الرئيسية فتتمثل في احتمال انهيار جوانب الحفرة وعدم إمكانية مراقبة نوعية الخرسانة المصبوبة

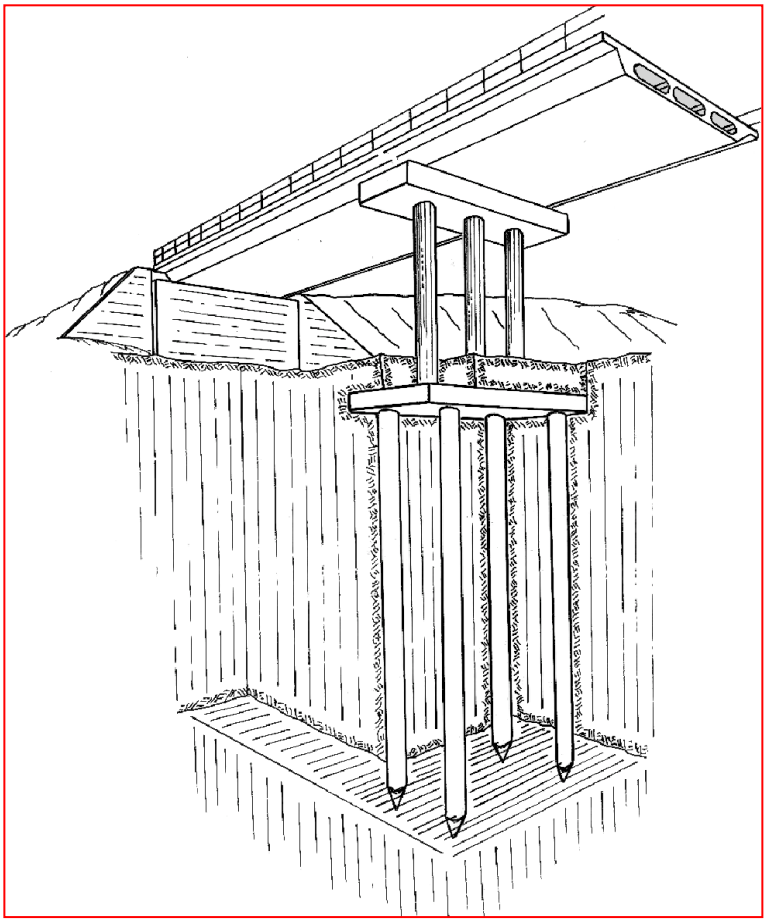
ربط الخوازق بالمنشأ

تربط الخوازق بأنواعها بالمنشأ العلوي بأساس مساحي يعمل على استقبال مجموع التأثيرات الخارجية العليا وتوزيعها على قمم الخوازق. يختلف شكل الأساس المساحي باختلاف عدد الخوازق المستعملة.

تستعمل الخوازق في ميداني البناء والأشغال العمومية في كل المنشآت ذات الأهمية الكبيرة التي تقام في مناطق تتميز طبقاتها السطحية برداءة الخصائص.

تختص بالبناءات متعددة الطوابق سكنية كانت أم إدارية، بعض المنشآت الفنية كالجدران الساندة، جدران الموانئ، الجسور وغيرها.



مجموعة خوازق يعلوها أساس مساحي يحمل بدوره الركيزة الوسطية لجسر

تعريف

المنحدرات مستويات مائلة للتربة تنتج عن ربط أرضيات طبيعية مختلفة المناسيب. والمنحدرات إما طبيعية Talus naturels وهي متوازنة دائما دون سند، مائلة بزاوية مع الأفق أقل من زاوية الاحتكاك الداخلي لتربة المنحدر التي تعتبر زاوية الاستقرار أو التوازن الطبيعي (التوازن الدائم)، أو مقامة لغرض ما، وهي في هذه الحالة إما منحدرات حفر Talus en déblais أو منحدرات ردم Talus en remblais.

توازن المنحدرات

المنحدرات بأنواعها يمكن أن تتعرض للانزلاق إذا ما سلطت على قممها حمولات إضافية أو أنجزت أشغال في سفحها بغرض إقامة منشأ معين. كما يمكن للمياه أن تسبب هذا الانزلاق.

انزلاق المنحدرات يلحق بالمنشآت القريبة أضرارا مختلفة الخطورة من تشققات بسيطة إلى احتمال انهيار جزئي أو كلي.

تدعيم المنحدرات confortement des talus: لتحقيق توازن أكبر للمنحدرات التي يحتمل أن تكون عرضة للانزلاق، يمكن القيام بعمليتين أساسيتين قبل الوصول إلى حل الجدران الساندة:

المعالجة السطحية: تتم بتغيير الشكل الخارجي العام للمنحدر على النحو التالي:

– تقليل الميل ببسط المنحدر على مساحة أفقية أوسع

تقسيم المنحدر إلى منحدرات جزئية مع إنجاز فواصل لتدعيمها .

– تشجير السطح الخارجي

– تغطية السطح الخارجي بعناصر خرسانية جاهزة

– معالجة التربة في حالة منحدرات الردم بإضافة روابط كالإسمنت مثلا

الحماية من خطر تراكم المياه: يعمل وجود المياه خلف المنحدرات على التقليل من احتكاك جزيئات التربة مما يؤدي إلى احتمال انزلاقها. إبعاد هذا الخطر يتم بعدة طرق منها:

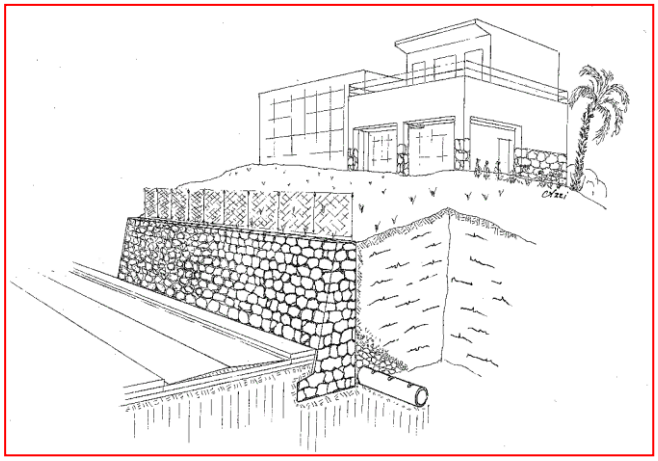
– صرف المياه السطحية الناتجة عن الأمطار وغيرها بإقامة الحفر وانحدارات المياه لتفادي تسرب هذه الأخيرة إلى تربة المنحدر .

– تحويل مجاري المياه الجوفية لتقليل تأثيرها على المنحدر إذا كان استقرار المنحدرات مهددا رغم كل الاحتياطات الأولية، يلجأ إلى حل الجدار الساند .

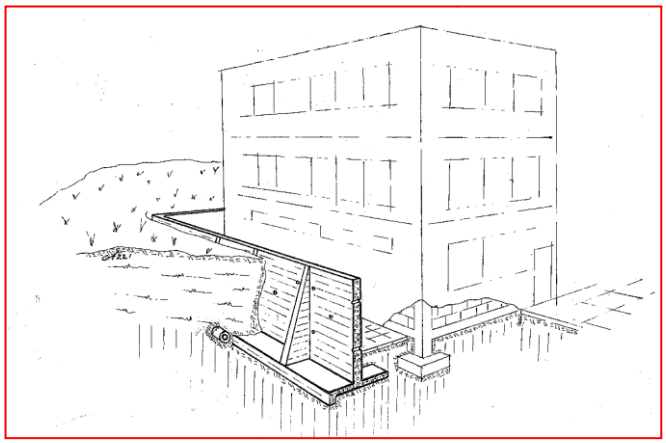
II – الجدران الساندة Murs de soutènement

إذا كانت زاوية المنحدر أكبر من زاوية الاحتكاك الداخلي، يستحيل استقرار التربة، لذا تصمم جدران تحد المنحدرات في أسفلها دورها منع التربة من الانهيار، تعرف بالجدران الساندة.

تصنف الجدران الساندة انطلاقا من المادة الأولية المستعملة إلى صنفين أساسيين هما:



الجدران الثقيلة Murs poids : هي جدران تعتمد أساسا على وزنها الذاتي لمقاومة تأثير دفع التربة خلفها. تتشكل أساسا من الحجارة أو مواد بناء أولية كالآجر أو الخرسانة غير المسلحة. يقتصر استعمال هذه الجدران على الارتفاعات غير المعتبرة.



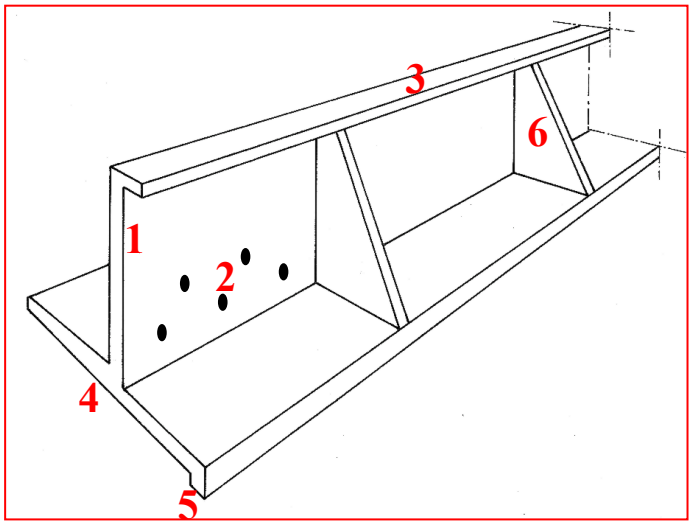
الجدران الخفيفة Murs légers: هي جدران خرسانية مسلحة، أشكالها مختلفة منها البسيط والمركب، وذلك حسب أهمية ارتفاعها.

تتكون الجدران الساندة من الأقسام التالية:

الستار Rideau 1: هو العنصر الشاقولي للجدار الساند، سمكه ثابت أو متغير يتلقى تأثير دفع التربة عليه، تكون قمته عموما معالجة ضد العوامل الخارجية خاصة منها الأمطار وذلك بتغطيتها بقطع من الحجر الاصطناعي أو الطبيعي أو بطبقة من الخرسانة ذات الكثافة العالية إضافة إلى تحقيق ميل مناسب لمنع تجمع الأمطار عليها. يحتوي الستار على ثقوب Barbacanes 2 موزعة تساهم في صرف المياه ومنعها من التراكم خلفه. كما يمكن الزيادة في تدعيم الستار بخلق عناصر تشبه الروافد تعرف بالمثبتات Raidisseurs 3.

الأساس Semelle 4: هو العنصر الأفقي للجدار الساند، يمتد على الطول الكلي للجدار، يبرز في الجهة الأمامية بطريقة تضمن التوزيع الجيد للتأثيرات الخارجية. تنتهي في الناحية الخلفية إلى رافدة طولية تعرف بالمعزقة Bêche 5تسمح بتثبيت الأساس داخل التربة وبالتالي منع الجدار من الانزلاق.

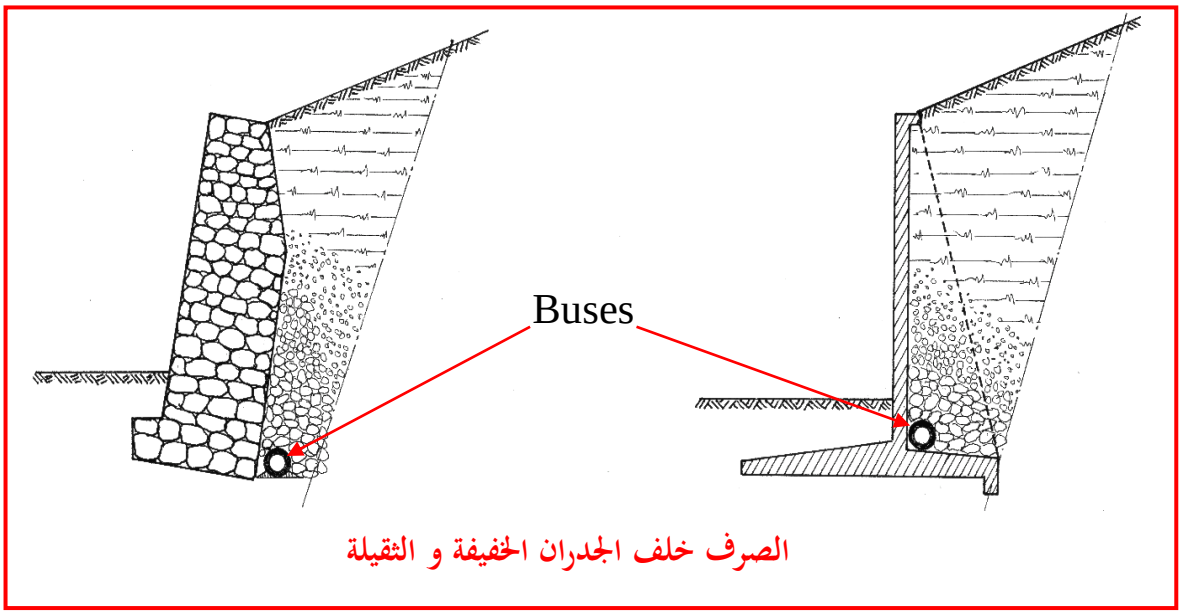
جدران الدعم Contreforts 6: جدران خرسانية مسلحة متعامدة مع مستوي الستار، توجد بتباعد معين



يتراوح بين 2.50m و5.00m، دورها ربط القاعدة بالستار وبالتالي الزيادة في مقاومة الجدار للتأثيرات الخارجية. تستعمل جدران الدعم في الجدران ذات الارتفاع المعتبر.

صرف المياه خلف الجدران الساندة

يشترط في تصميم الجدار الساند صرف المياه خلفه Drainage ، لأن هذه الأخيرة بتراكمها تقلل من احتكاك التربة مما يزيد في شدة الدفع على الجدار. لذا تستعمل قنوات Buses عند أسفل الجدار لصرف المياه.



الصرف خلف الجدران الخفيفة و الثقيلة

III – التطهير Assainissement

يقصد بالتطهير عمليات تجميع ومعالجة المياه المستعملة بواسطة قنوات للمحافظة على نظافة البيئة والمحيط. أنواع المياه المجمعة هي :

مياه الأمطار (E.P) Eaux pluviales : وهي مياه نظيفة لا تشكل أي خطر على البيئة لذا يمكن تحويلها بواسطة القنوات إلى المجمعات Regards ثم المجاري المائية، أو نحو المحيط الطبيعي مباشرة.

المياه المستعملة (E.U) Eaux usées : وتكون منزلية ناتجة عن الحمامات والمطابخ أو صناعية تحوي أحيانا مواد كيميائية خطيرة مستعملة في المركبات الصناعية فمن الضروري تصفية هذه الأخيرة في محطات للتصفية Stations d'épuration قبل صرفها.

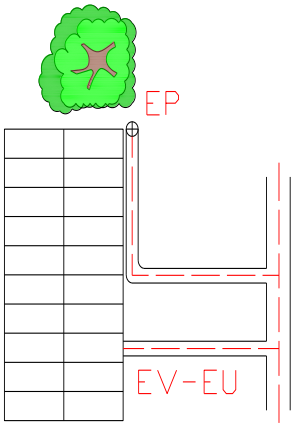
المياه القذرة (E.V) Eaux vannes : تنتج عن المراحيض .

طرق التطهير

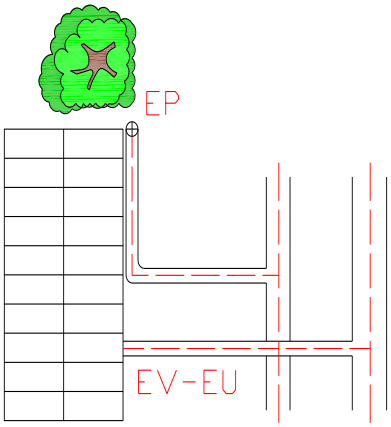
تختلف طرق التطهير إذا كانت المنطقة ريفية أو حضرية.

ففي المدن يتم تجميع المياه داخل قنوات تشكل شبكات أحادية Réseaux unitaires تلتقط المياه بأنواعها لتحولها إلى محطات التصفية ثم المجاري المائية.

و مزدوجة Réseaux séparatifs فتلتقط مياه الأمطار في قنوات مفصولة لتحولها إلى المحيط الطبيعي مباشرة .



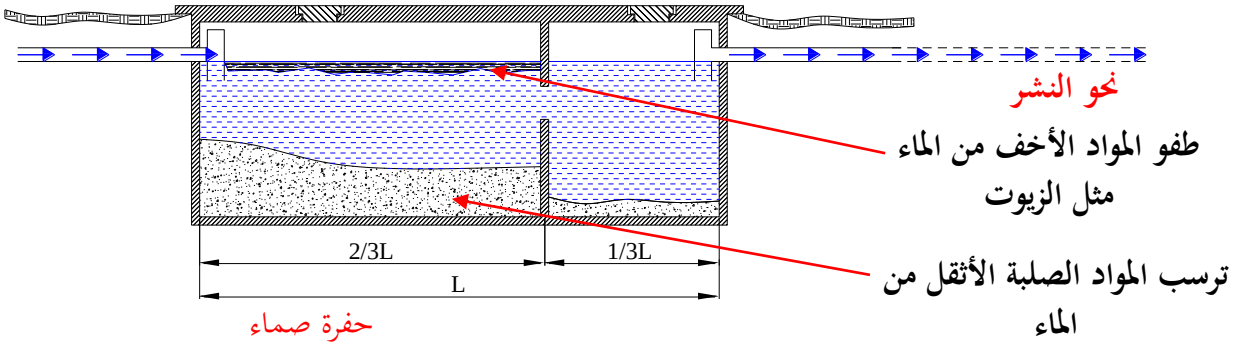
شبكة تطهير أحادية



شبكة تطهير مزدوجة

أما في الأرياف،ونظرا لقلة السكنات وتباعدها، تستعمل طريقة تجميع المياه بالحفر الصماء Fosses septiques. تكون مخصصة للمياه القذرة أساسا وأحيانا للمياه المستعملة أيضا.

بعد تجميع المياه، تحول إلى المحيط الطبيعي عن طريق النشر Epandage . تمر المياه عند مخرج الحفرة الصماء بقنوات لتتعرض للتصفية بتأثير بكتريا التربة الطبيعية. وهذه الأخيرة تحقق عملية الصرف بالامتصاص إضافة إلى التبخر، لذا يشترط أن تكون التربة نفوذة.



قولبة الأساسات المنعزلة

– يهـدف إنجـاز مخطـط قولبـة الأساسـات المنعزلـة إلى تحديـد مواضعها وأشكالها وأبعادها وذلك من خلال منظر علوي لمجموع الأساسات داخل المنشأ، إضافة إلى تفصيل كل نوع بمنظر علوي وتعلية أو قطع عمودي .

يعتمد رسم هذا المخطط على إتباع المراحل التالية:

– رسم محاور الأعمدة بتباعدها في الاتجاهين الطولي والعرضي.

– رسم المقاطع العرضية للأعمدة .

–رسم الأساسات .

–رسم جدار الإحاطة أو الكمرات.

– رسم طبقة خرسانة النظافة تحت الأساسات.

لإنجاز مخطط قولبة مبنى فردي مبين من خلال المنظر العلوي لطابقه الأرضي الموالي وفرت المعطيات التالية:

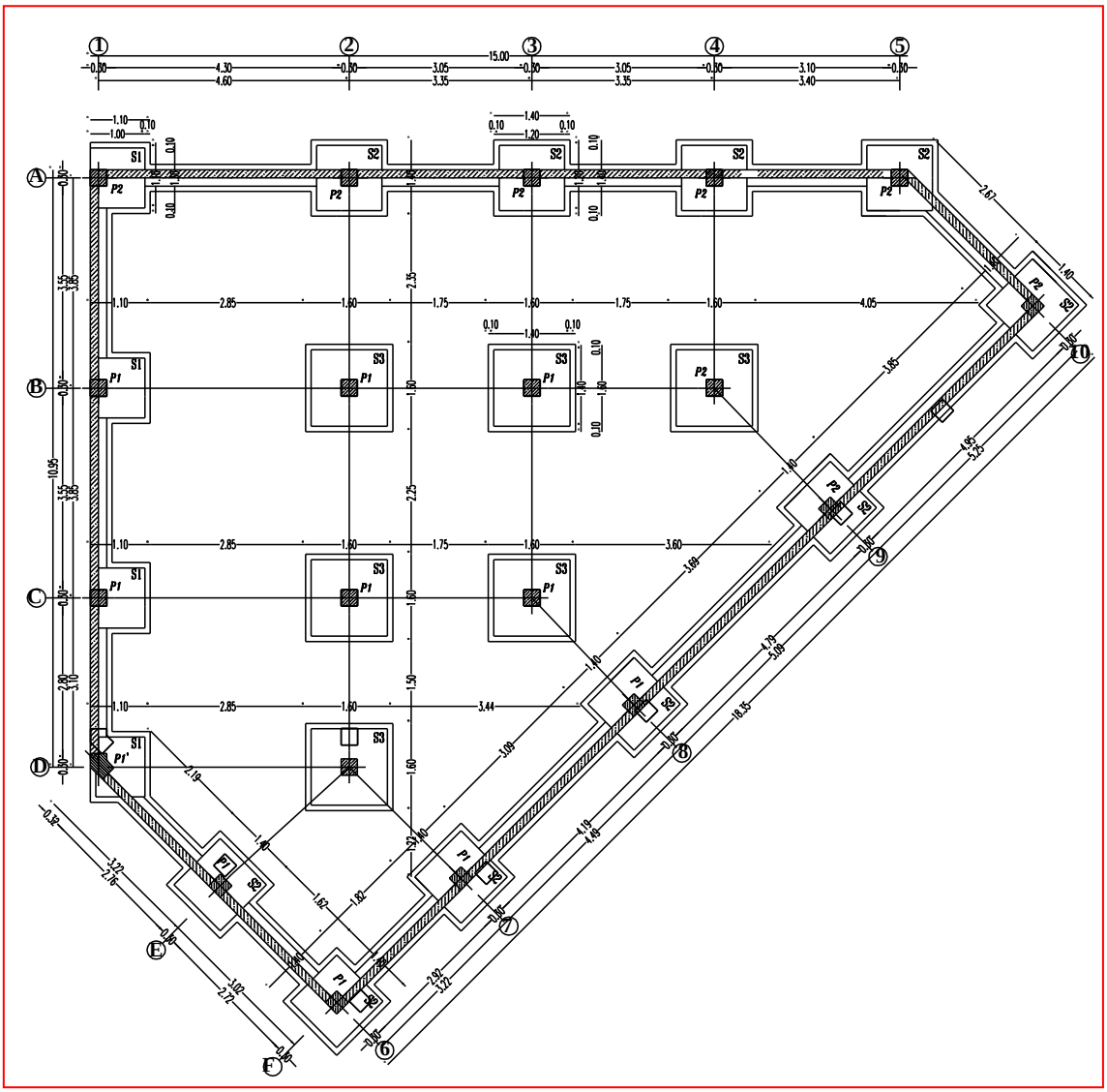
–عمق طبقة التأسيس **1.20m**

–S_1أساسات الركن **$(0.30\times1.00\times1.00)\ m^3$**

– S_2 أساسات الطرف **$(0.30\times1.10\times1.10)\ m^3$**

– S_3 أساسات الوسط **$(0.30\times1.40\times1.40)\ m^3$**

– سمك جدار الإحاطة **15cm** ينتهي إلى أساس مستمر عرضه **50cm** وارتفاعه **30cm**



العمل المطلوب:

–انجاز مخطط القولبة بمقياس **1/50**

– انجاز تفصيل للأنواع الثلاثة للأساسات من خلال منظر علوي وتعلية بمقياس **1/10**

–إنجاز تفصيل لجدار الإحاطة بمقياس **1/10**.

الباب الثاني

و فصوله ثلاثة

علم السكون
الخصائص الهندسية للمقاطع
مبدأ الفعل ورد الفعل

الفصل الأول

علم السكون

مبادئ علم السكون

مفاهيم حول القوى

تركيب القوى

تحليل القوى

عزم القوة

عزم المزدوجة

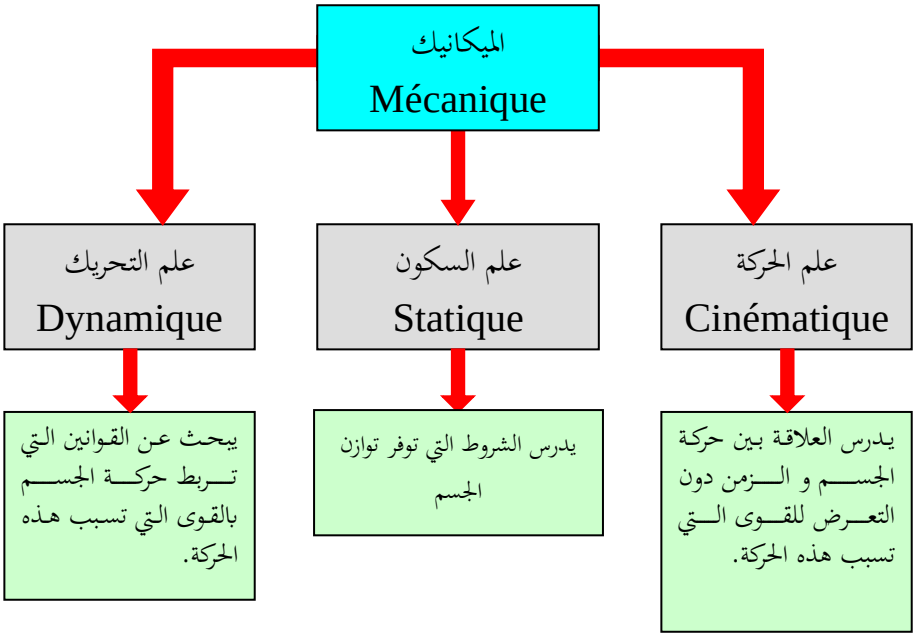
التعريف بالميكانيك

تعتبر الميكانيك من أقدم العلوم ، والدليل على ذلك هو الرافعة والعجلة المكتشفتين منذ 150 ألف سنة و قد أصبحت أكثر تعقيدا و تطورا في وقتنا الحاضر.

أما قوانين الميكانيك فقد اكتشفت جراء جملة من الملاحظات لظواهر و نتيجة خبرة الإنسان أثناء حياته العملية، فهي تبين العلاقة بين "السبب" و" المفعول ".

والميكانيك كلمة ذات أصل يوناني (ميكان) أي آلة وهي فرع من علم الفيزياء يدرس القوى و الحركة.

وتنقسم الميكانيك إلى ثلاثة فروع:



علم السكون

– هو جزء من أجزاء الميكانيك ، يهتم بدراسة القوانين المستعملة في تركيب القوى وشروط توازن الأجسام المادية المتأثرة بفعل القوى .

وشروط التوازن بالنسبة للأجسام تتعلق خاصة بحالة هذا الجسم (صلب، سائل أو غازي) و تكون دراسة هاتين الحالتين الأخيرتين في مجال الهيدروستاتيك و في نظرية توازن الغازات أما الأجسام الصلبة فتكون دراستها في الميكانيك.

تكون الأجسام متوازنة تحت تأثير جملة قوى معينة بعد أن تحقق هذه القوى شروط التوازن و يعد ذلك من أهم أهداف علم السكون التي تتمثل في:

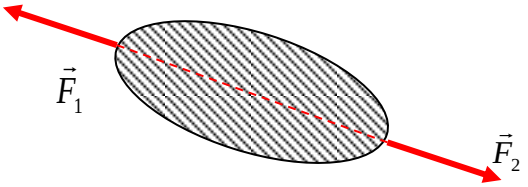
تركيب القوى و اختزال مجموعة القوى المؤثرة على الجسم

تعيين شروط التوازن لجمل القوى المؤثرة على الأجسام الصلبة

I- مبادئ علم السكون Principes de la statique

من مبادئ علم السكون الأساسية ما يلي

في حالة توازن الجسم $\overrightarrow{F_1}+\overrightarrow{F_2}=\vec{0}$

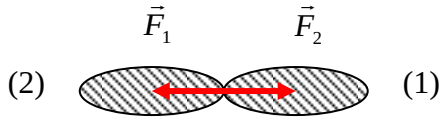


1- المبدأ الأول:

إذا كانت القوتان $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ متساويتين و متعاكستين فإنهما تشكلان نظاما متوازنا أي أنهما متوازنتان .

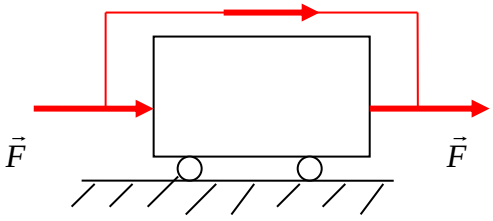
2- المبدأ الثاني:

عند تلامس نقطتين ماديتين فإن القوة المطبقة $\vec{F}1$ من الأولى على الثانية تساوي وتعاكس القوة $\vec{F}2$ التي تطبقها الثانية على الأولى.



3-المبدأ الثالث:

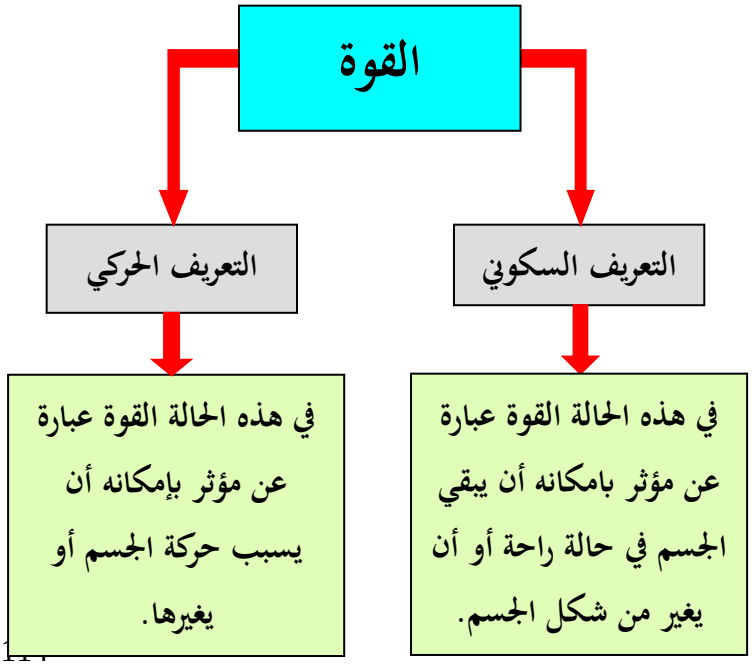
باستطاعتنا إزاحة قوة وفق خط عملها دون التغيير في التوازن أو في طريقة عملها .



II – مفاهيم حول القوى

1- تعريف القوة

– القوة هي كل مؤثر بإمكانه أن يغير من شكل ، حركة أو توازن جسم. ومن المفاهيم السابقة الذكر نستطيع أن نعرف القوة بتعريفين رئيسيين:



تعرَّف على القوى

لا بأس وللمعرفة فقط أن نتحدث قليلا عن أنواع القوى التي تختلف من حيث طبيعتها ، فالأسباب شتى و المفعول متماثل في جميع الحالات . فإن في الطبيعة ظواهر كثيرة مفعولها قوى تأخذ اسم الظاهرة التي تكون ناتجة عن تجلّيها . فنعرف من القوى ما يلي :

القوى الميكانيكية	فهي التي تحدثنا عنها سابقا و الناتجة عن عمل ميكانيكي لآلة مهما كان نوعها
القوى المدارية	هي القوى التي تمارسها الأجسام على بعضها البعض ، فالكواكب أجسام كبيرة جدا وكثيفة ، كلها عوامل تجعلها تجذب إليها الأجسام الأصغر منها وتعرف أيضا بالجاذبية .
القوى المغناطيسية	يحيط بالكرة الأرضية حقل قوى يجعل بعض الأجسام تتأثر به فنقول أن هذه الأجسام ممغنطة ، و منها أكسيدات الحديد الممغنطة طبيعيا **la magnétite** .
القوى الكهرومغناطيسية و الكهروستاتيكية	للكهرباء مفعولان أحدهما سببه كهرباء ساكنة يشبه الجاذبية يعرف بالكهروستاتيكية حيث أن أجساما مشحونة كهربائيا تتجاذب و تتدافع ، و الآخر مغنطيسي يتفاعل مع المغنطيس الطبيعي و حدوثه مرتبط بالتيار الكهربائي.
القوى الحرارية	الناتجة عن اهتياج جزيئات المادة .
القوى النووية	التي يعرف عنها القليل فهي قوى كامنة في نوى الذرات .

ملاحظة : تتجلى كل القوى سابقة الذكر في واحدة هي القوة الميكانيكية على سبيل المثال فإن التفاعل النووي ينتج حرارة تسخن ماء تتهيج جزيئاته فتدير (قوة ميكانيكية) مولدا كهربائيا و ذات الكهرباء تولد حقلا مغناطيسيا يثير مغنطيسا يتحرك داخله قائدا في حركته جسما آخر (القوة الميكانيكية للمحرك الكهربائي)

2- التمثيل الشعاعي للقوة:

تعتبر القوة مقدارا شعاعيا يمثل بشعاع يتميز بما يلي :

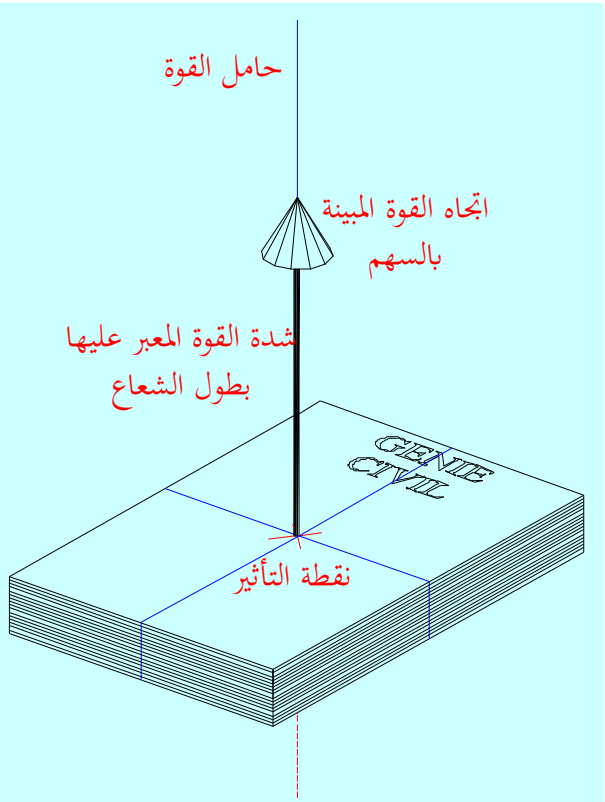
نقطة التأثير **Point d'application**: هي النقطة التي تؤثر القوة فيها .

الشدة **L'intensité** : تعبر عن قدرة القوة على إنجاز عملها و تتجسد في طول الشعاع :

1 Kgf = 9.81N=1 Kgp
1daN = 10 N
1 KN=1000 N

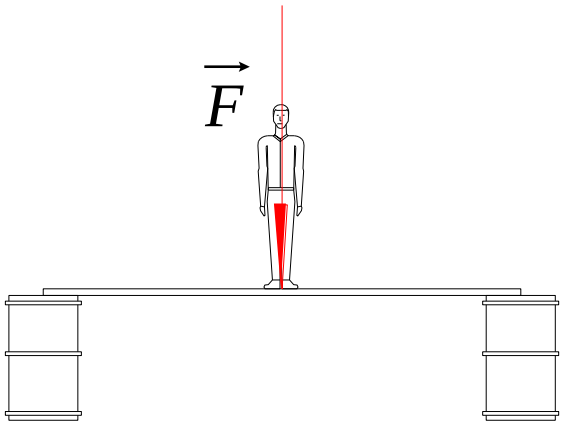
الحامل **La direction**: هو المستقيم الذي يحدد مسار القوة أو مسار ما يحدث نتيجة لها (حركة أو تشوه).

الاتجاه **Le sens** : هو الاتجاه الذي تحاول القوة أن تجذب إليه نقطة التأثير.



ملاحظة: إذا كانت القوة والحركة في نفس الاتجاه فإن هذه القوة تسمى "قوة حركية " وإذا كانتا متعاكستين فإننا نسمّي هذه الحركة "قوة مقاومة" أو" قوة صد".

3 – أنواع القوى

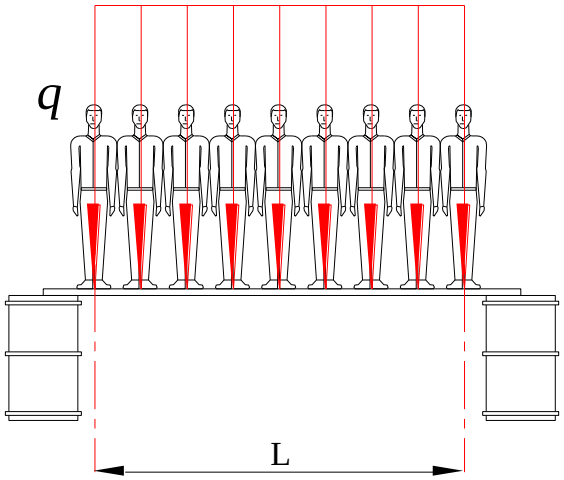


أ– القوى المركزة Forces concentrées:

هي قوى مطبقة في نقطة واحدة حسب افتراض مقاومة المواد لكن في الحقيقة تكون مطبقة على مساحة معينة لكنها صغيرة. وتمثل بواسطة شعاع.

ب– القوى الموزعة Forces réparties:

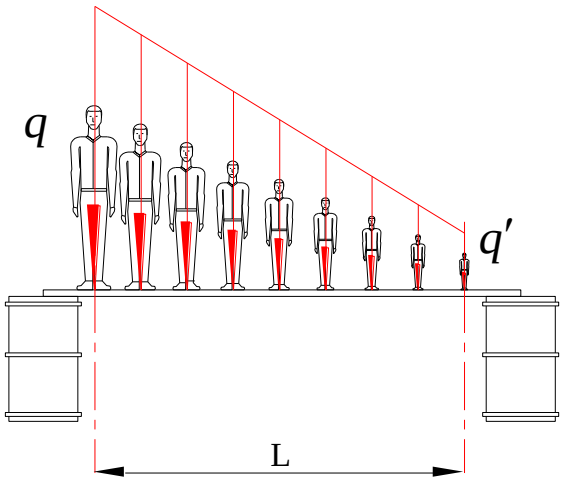
وهي قوى يكون تأثيرها على طول أو سطح معين فيُعبر عنها حينئذ بوحدتي N/m أو N/m^2 مثلا و هي نوعان :



القوى الموزعة بانتظام

Forces uniformément réparties :

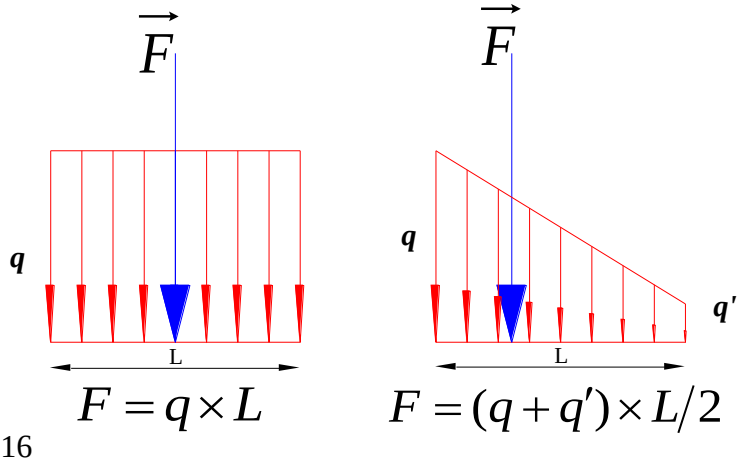
تكون قيمتها ممثلة بعدد معين مثال: الوزن الخاص للرافدة المتكونة من مادة متجانسة ذات أبعاد مقطعية منتظمة. ونمثلها بيانيا بواسطة مجموعة من الأشعة المتسايرة ذات الشدة المتناسبة مع القوى في وحدة طولية أو وحدة مساحية.تحسب محصلة حمولة موزعة بانتظام بحساب مساحة شكل التوزيع ونقطة توزيعها هي مركز ثقل شكل التوزيع.



القوى الموزعة المتغيرة بانتظام

Forces à répartition uniformément variable

وهي القوى التي تكون قيمتها متعلقة بالنقطة التي نعتبر فيها القوةَ إذ ليست متساوية في كل نقاط توزيعها و تتغير وفق تغيرات دالة خطية .



ملاحظة : ترتكز دراسة القوى أساسا على حسابات .
لذا يستحسن استبدال نظام القوى الموزعة بقوة واحدة F تكافئه مفعولا .
تُحسب شدة القوة F و كأنما تُحسب مساحة الشكل الهندسي المحدود بالقيم L ، q ، q' لِتُطبق هذه القوة في نقطة توجد على مستوى مركز ثقل الشكل ذاته .

4- تركيب القوى Composition des forces

إذا كانت لدينا مجموعة من قوى تؤثر على جسم فإنه يمكن تعويض هذه القوى بقوة وحيدة تقوم مقامها بحيث يكون تأثيرها مساويا لتأثير القوى مجتمعة، وتدعى هذه القوة المكافئة: المحصلة **(Résultante)** ونرمز لها بالحرف $\vec{R}$.

القوى المتلاقية (المتقاطعة) Forces concourantes:

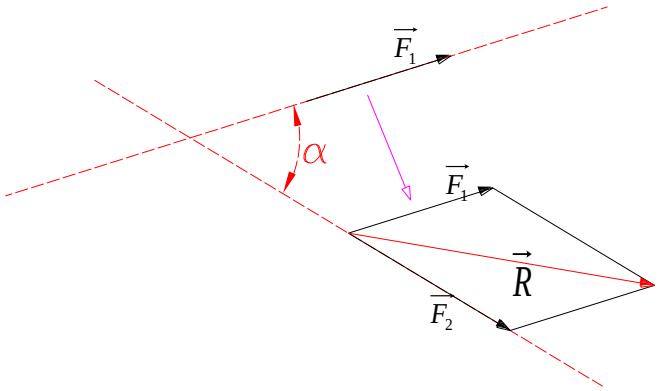
هي قوى تتقاطع حواملها في نقطة واحدة و هناك طريقتان في تحديد خصائصها .

الطريقة البيانية

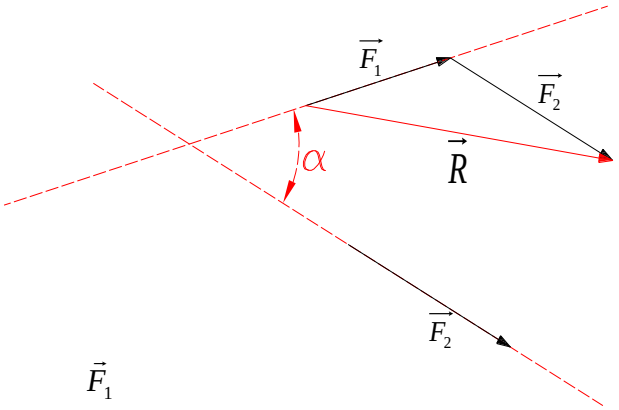
أولا : نظام قوتين متلاقيتين

النمط الأول : يشكل حاملي القوتين $\vec{F}_1$ ، $\vec{F}_2$ زاوية α .

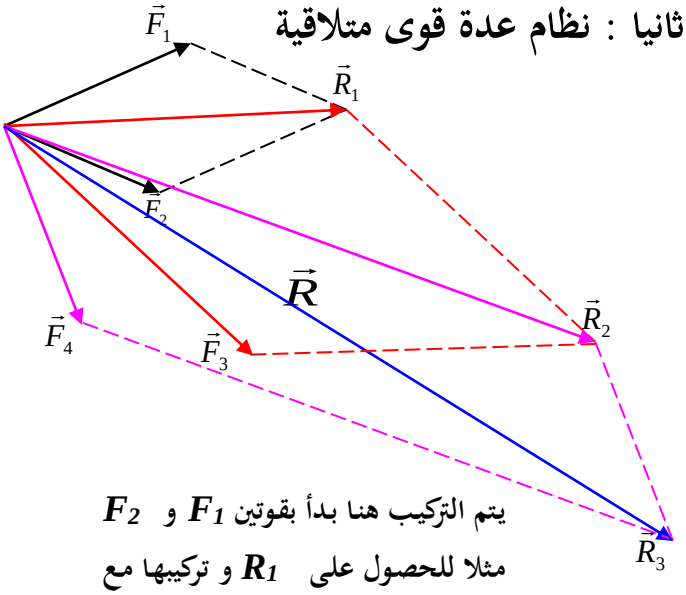
فنحصل على محصلة هاتين القوتين برسم قطر الشكل المتوازي الأضلاع ذي الضلعين $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$



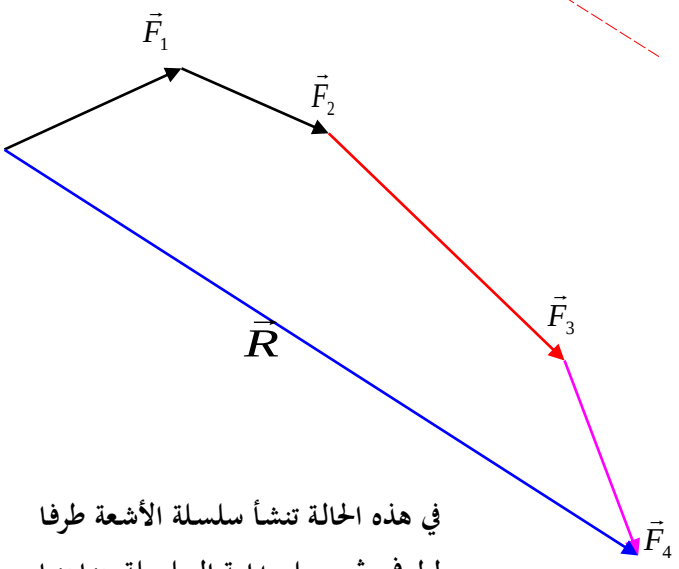
النمط الثاني : يمكن أيضا الحصول على المحصلة $\vec{R}$ بسحب $\vec{F}_2$ وتمثيلها ابتداء من نهاية $\vec{F}_1$ وللحصول على $\vec{R}$ نقوم بربط بداية $\vec{F}_1$ بنهاية $\vec{F}_2$.



ثانيا : نظام عدة قوى متلاقية



يتم التركيب هنا بدأ بقوتين F_1 و F_2 مثلا للحصول على R_1 و تركيبها مع F_3 حتى الحصول على R_3



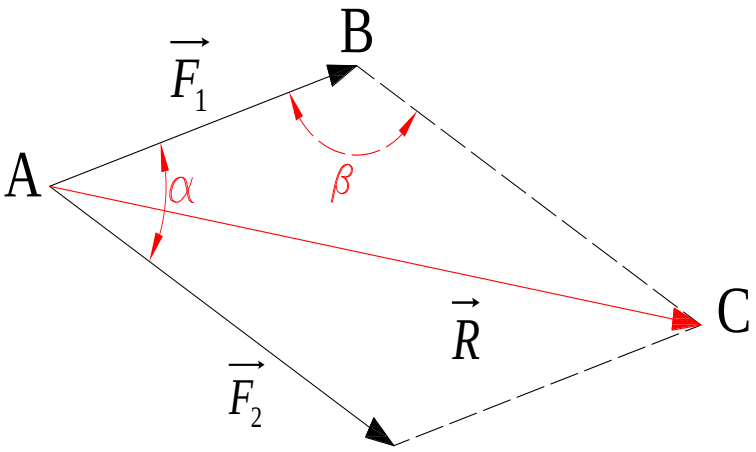
في هذه الحالة تنشأ سلسلة الأشعة طرفا لطرف ثم وصل بداية السلسلة بنهايتها للحصول على R .

الطريقة الحسابية:

أولا : نظام قوتين متلاقيتين

تنص نظرية فيثاغورس المعمقة على ما يلي:

في أي مثلث ، يكون مربع الضلع مساويا لمجموع مربعي الضلعين الباقيين مطروحا منه ضعف جداء هذين الضلعين و تجب الزاوية المحصورة بينهما.



– و بتطبيق ذلك على المثلث ABC :

$$R^2 = F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2\cos\beta$$
$$\alpha + \beta = 180° \Rightarrow \cos\beta = -\cos\alpha$$
$$R^2 = F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2(-\cos\alpha) \Rightarrow R^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha$$
$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha}$$

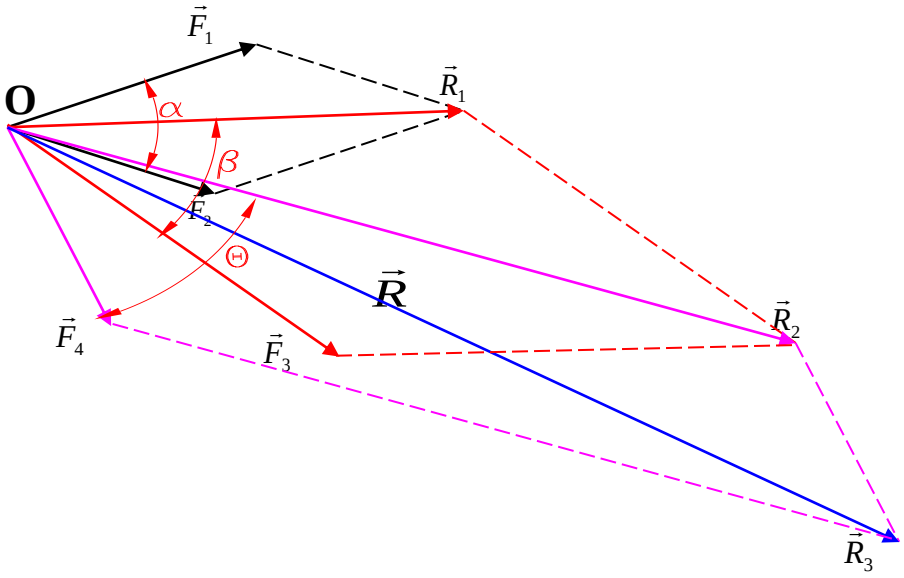
ملاحظة: تأخذ α بعض القيم تعطينا حالات خاصة هي كالتالي :

$\alpha = 90°$	$\cos\alpha = 0$	$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$
$\alpha = 0$	$\cos\alpha = 1$	$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2}$ $R = F_1 + F_2$
$\alpha = 180°$	$\cos\alpha = -1$	$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2}$ $R = F_1 - F_2$

تطبيق : قوتان يطلب تحديد محصلتهما بيانيا و حسابيا مع اختيار سلم محكم للحل البياني ، $F_1 = 160$ Kgf و $F_2 = 100$ Kgf ، الزاوية المحصورة بين حامليهما $\alpha = 45°$.

ثانيا : نظام عدة قوى متلاقية

لتكن القوى $\vec{F_1}$ $\vec{F_2}$ ..... $\vec{F_n}$ متلاقية في النقطة O . لكي نحصل على محصلة هذه الجملة بإمكاننا تطبيق الطريقة السابقة الذكر و ذلك بتعيين $\vec{R_1}$ (محصلة $\vec{F_1}$ ، $\vec{F_2}$) ثم المحصلة $\vec{R_2}$ (محصلة $\vec{R_1}$ ، $\vec{F_3}$) حتى نتحصل على محصلة($\vec{R_{n-2}}$ ، $\vec{F_n}$) .



$$R_1 = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha}$$

$$R_2 = \sqrt{R_1^2 + F_3^2 + 2R_1F_3\cos\beta}$$

$$R_3 = \sqrt{R_2^2 + F_4^2 + 2R_2F_4\cos\theta}$$

تطبيق : أحسب محصلة القوى F_1= 300 N ، F_2= 400 N و F_3= 200 N التي تشكل بينها الزوايا الآتية $\alpha_{F1F2} = 45°$ $\alpha_{F2F3} = 30°$.

تعين نقطة تأثير المحصلة بيانيا

* القوى الكيفية **Forces quelconques** :

هي مجموع قوى لا تتقاطع حواملها في نقطة واحدة بحيث يمكن حساب محصلتها كما رأينا بالنسبة لمجموع قوى متلاقية.

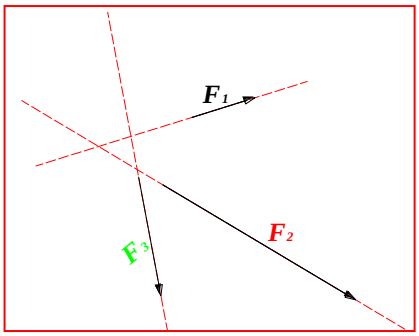
– الطريقة البيانية:

يمكن إيجاد المحصلة بيانيا باستعمال طريقة مضلع القوى لتحديد الشدة و الاتجاه ، أما بالنسبة لنقطة تأثيرها نستعمل إضافة إلى مضلع القوى ، المضلع الحبلي.

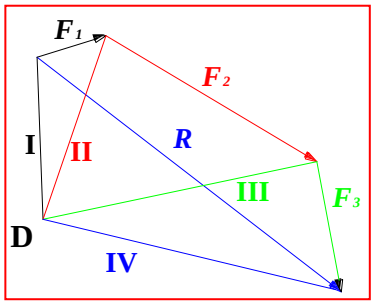
طريقة العمل

1 لنعتبر جملة مادية معرضة لقوى كيفية $\vec{F}_1$ $\vec{F}_2$ $\vec{F}_3$

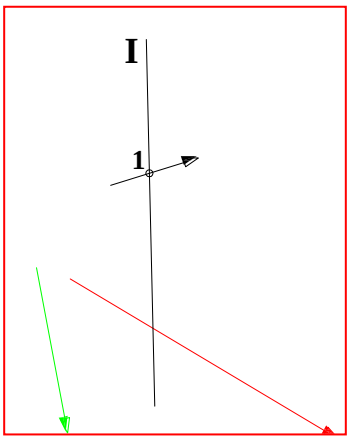
2 نرسم مضلع القوى باستعمال سلم معين ونختار نقطة كيفية **D** ثم نصلها برؤوس مضلع القوى . نسمي النقطة **D** قطبا والأشعة $\vec{I}$ ، $\vec{II}$ ، $\vec{III}$ ، $\vec{IV}$ الأشعة القطبية (القوى المساعدة) .أما الشكل فنطلق عليه "الديناميك".



1

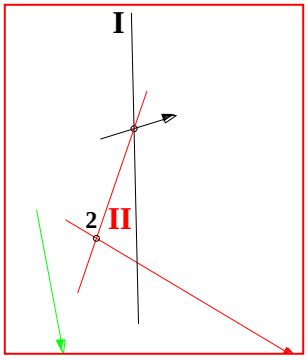


2



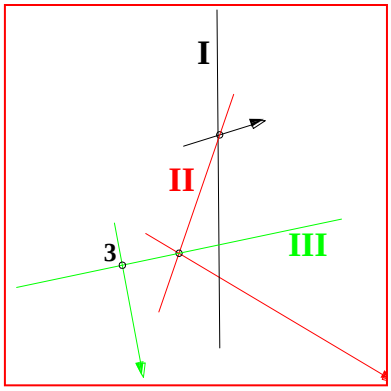
3

3 نختار من نقطة كيفية مستقيما موازيا للشعاع القطبي $\vec{I}$ الذي يقطع خط عمل القوة الحقيقية $\vec{F}_1$ في النقطة (**1**) .



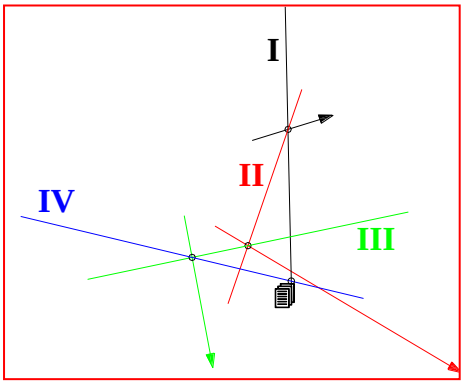
4

4 من النقطة (**1**) نمد خطا موازيا للشعاع القطبي $I\vec{I}$ ليقطع خط عمل القوة $\vec{F}_2$ في النقطة (**2**) .



5

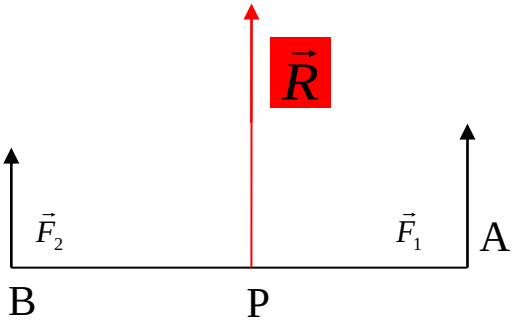
5 ثم من النقطة (**2**) نمد خطا موازيا للشعاع القطبي $II\vec{I}$ ليقطع خط عمل القوة $\vec{F}_3$ في النقطة (**3**) .



6

6 و أخيرا من النقطة (**3**) نمد خطا موازيا للشعاع القطبي $IV\vec{}$ ليقطع الشعاع القطبي $\vec{I}$ في النقطة (**4**) .

فتلك هي نقطة تأثير المحصلة



$$R = F_1 + F_2$$

القوى المتوازية Forces parallèles : هي قوى تكون حواملها متوازية فيما بينها.

القوى في نفس الاتجاه Forces de même sens :

إن محصلة قوتين $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ لهما نفس الجهة هي قوة لها نفس اتجاههما وشدتها هي

تعيين نقطة تأثير المحصلة حسابيا

نقطة تأثير هذه المحصلة تتواجد بين القوتين وتحسب بالعلاقة التالية:

$F_1 \times PA = F_2 \times BP$

$BP = BA - PA$

$F_1 \times PA = F_2 (BA - PA)$

$F_1 \times PA = F_2 \times BA - F_2 \times PA$

$F_1 \times PA + F_2 \times PA = F_2 \times BA$

$(F_1 + F_2) PA = F_2 \times BA$

$PA \times R = F_2 \times BA$

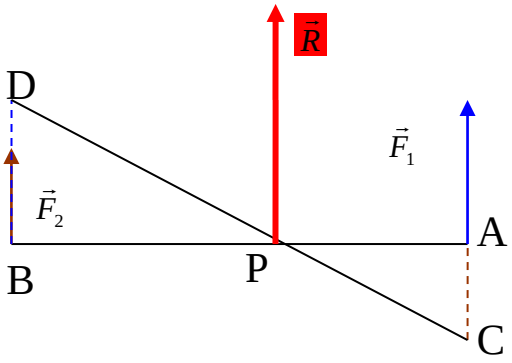
- و منه فإن :

$$PA = \frac{F_2}{R} \times BA$$

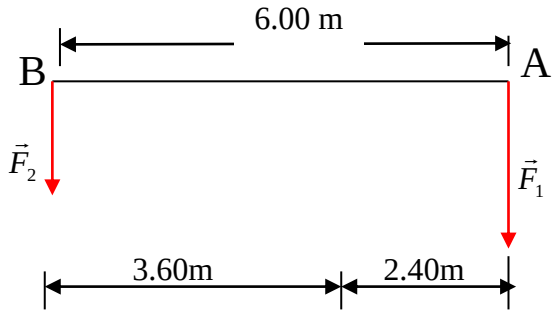
تعيين نقطة تأثير المحصلة بيانيا

نرسم **$AC = F_2$** و **$BD = F_1$**

نربط النقطة **C** بالنقطة **D** وتكون النقطة **P** نقطة تقاطع المستقيمين **AB,CD** هي نقطة تأثير المحصلة **R**

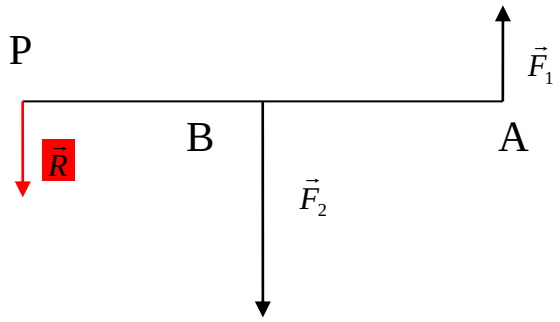


تطبيق : أحسب قيمة محصلة القوتين **F1= 300 N** و **F2= 200 N** وعين نقطة تأثيرها حسابيا و بيانيا.



القوى متعاكسة الاتجاه Forces de sens opposés :

إن محصلة قوتين $\vec{F}_1$ و $\vec{F}2$ متعاكستين في الاتجاه هي قوة لها نفس اتجاه القوة الأكبر شدة وشدتها هي :



$$R = F_2 - F_1$$

تعيين نقطة تأثير المحصلة حسابيا

نقطة تأثير المحصلة تتواجد في جهة القوة الكبرى وتحسب بالعلاقات التالية:

$F_1 \times AP = F_2 \times BP$

$BP = AP - AB$

$F_1 \times AP = F_2 (AP - AB)$

$F_1 \times AP = F_2 \times AP - F_2 \times AB$

$F_2 \times AP - F_1 \times AP = F_2 \times AB$

$AP(F_2 - F_1) = F_2 \times AB$

$AP \times R = F2 \times AB$

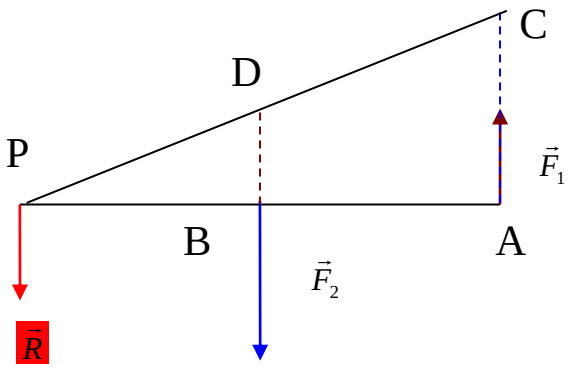
- و منه فإن

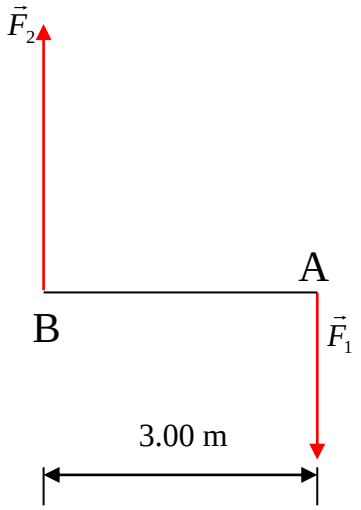
$$AP = \frac{F_2}{R} \times AB$$

تعين نقطة تأثير المحصلة بيانيا

نرسم **$BD = F_1$** **$AC = F_2$**

ننشئ المستقيم الذي تنتمي إليه النقطتان **(C),(D)** إلى تقاطعه مع امتداد المستقيم **AB** فتكون بذلك نقطة التقاطع هي النقطة **P** نقطة تأثير المحصلة .





تطبيق

أحسب قيمة محصلة القوتين F_1= 150 N و F_2= 200 N و عين نقطة تأثيرها حسابيا.

المسافة بين القوتين AB = 3.00m.

تطبيق : أحسب محصلة القوى التالية باستعمال الطريقة البيانية و الحسابية.F1= 15 Kgf، F2 = 15 Kgf، F3=30 Kgf.

5- تحليل قوة Décomposition d'une force

يعني تحليل القوة إلى مركبتين (composantes) إيجاد جملة قوتين تكون محصلتهما هي القوة المعتبرة .

حالة قوة وحيدة :

ما يجب إدراكه هو أن تحليل القوى هو عكس تركيبها و أن للتحليل إلى مركبتين يَشترط معرفة حوامل هاتين القوتين .

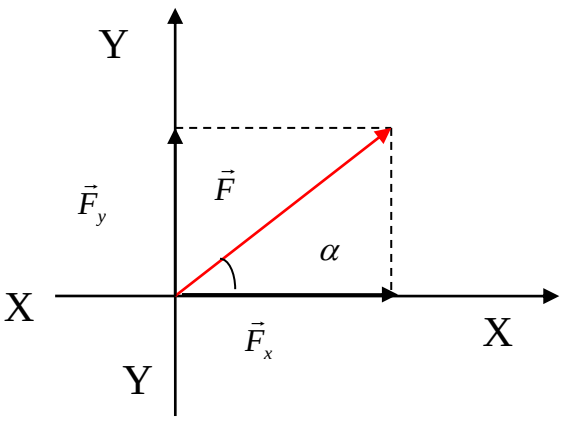
و ليتم ذلك نعتبر أن الحاملين يشكلان معلما ديكارتيا توضع نقطة تأثير القوة F مثلا على مركزه O .

– في حالة تعامد محوري المعلم تحسب شدة المركبتين بالعبرات الآتية :

و تنتج مركبتي القوة F عن إسقاط الطرف الآخر لشعاع القوة على كل محور بالتوازي مع الآخر ، و نحصل بذلك على شعاعين :

– أحدهما موازي لمحور الفواصل Fx .

– و الآخر موازي لمحور التراتيب Fy .



$$Fx = F\cos\alpha$$

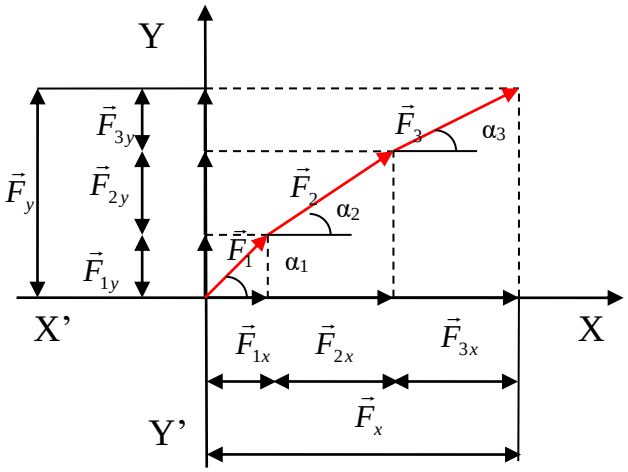
$$Fy = F\sin\alpha$$

تطبيق: لتكن القوة F= 500 N، زاوية ميلها بالنسبة لمحور الفواصل $\alpha = 30°$.

أحسب مركبتي القوة F .

حالة عدَّة قوى :

لنعتبر جملة القوى $\vec{F}_1$ ، $\vec{F}_2$ و $\vec{F}_3$ و زوايا ميلها هي على التوالي α_1 ، α_2 و α_3.



إن تحليل جملة القوى السابقة يتم بنفس طريقة قوة وحيدة. ونكتب

$$F_x=F_{1x}+F_{2x}+F_{3x}$$
$$F_x= F_1\cos\alpha_1+ F_2\cos\alpha_2 +F_3\cos\alpha_3$$
$$F_y= F_{1y}+ F_{2y} +F_{3y}$$
$$F_y = F_1\sin\alpha_1 +F_2\sin\alpha_2+ F_3\sin\alpha_3$$

وكقاعدة عامة:

$$F_y=\sum F_n\sin\alpha_n$$
$$F_x=\sum F_n\cos\alpha_n$$

تطبيق : لتكن القوتان **F1= 30 daN** و **F2 = 10 daN** زاويتا ميلهما بالنسبة لمحور الفواصل هي على التوالي:

α2 = 30° **α1= 60°**

أحسب مركبتي القوتين **Fx** و **Fy**.

III- عزم قوة Moment d'une force

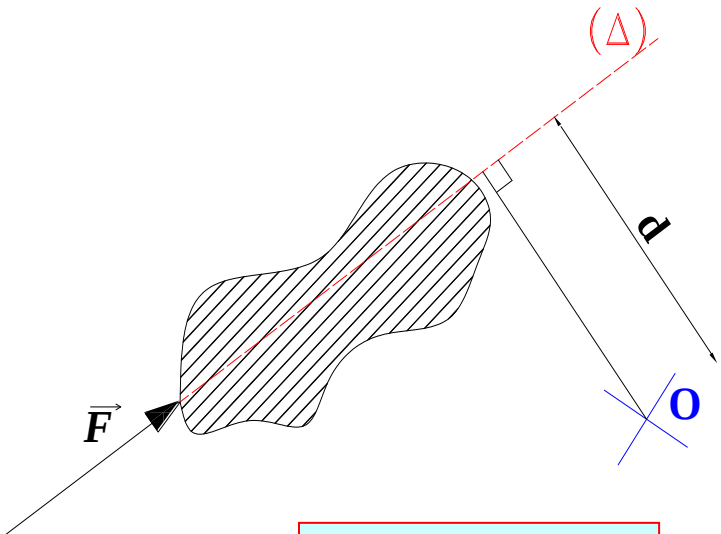
رأينا في الفقرات السابقة أن من تأثيرات القوى على الأجسام هناك تغير حالتها من سكونٍ إلى حركة ، و قد تكون هذه الحركة انسيابية أي وفق مسار مستقيم هذا إن لم يعترض الظاهرة شيء ، في حالات أخرى قد يكون الجسم المعني مقيدا بنقطة أو محور يدور حوله بالرغم من استقامة مسار القوة الفاعلة و من الأمثلة الملموسة باب يدور حول محوره المفصلي إثر قوة الدفع الممارسة عليه .

نقول هنا أن – محور الباب محور دوران .

– و أن سبب الدوران هو عزم قوة الدفع بالنسبة لمحور الدوران .

مثلما هو الأمر بالنسبة للقوة ، فإن عزم القوة مقدار شعاعي نظرا للظاهرة الناجمة عنه أي الدوران الذي قد يحدث في اتجاه دوران عقارب الساعة أو عكس ذلك فيما يعرف بالاتجاه المثلثي sens trigonométrique.

كما أن لعزم القوة شدة تحسب بضرب شدة القوة المثيرة له في المسافة القائمة أو البعد العمودي بين حامل القوة و نقطة الدوران ، والمعروفة بالذراع d أو bras de levier .



$$M_{F/O}=F\times d$$

حيث :

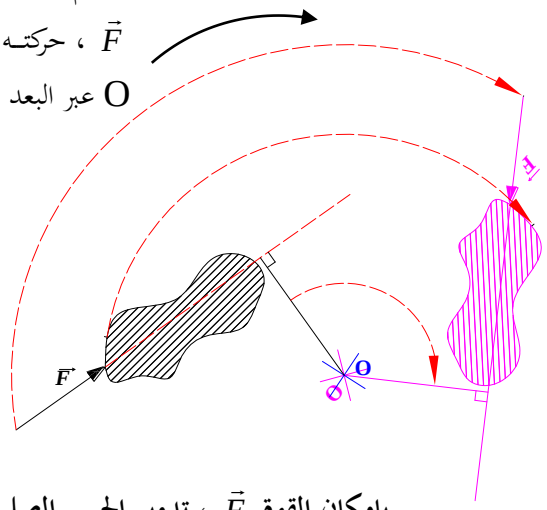
M_F/O هو عزم القوة F بالنسب للنقطة O

d هو الذراع

يعبر عن العزم بوحدتي النيوتن متر N.m

و الكيلوغرام قوة. متر kgf.m

جسم صلب تحت تأثير قوة $\vec{F}$ ، حركته مقيدة بالنقطة O عبر البعد الثابت d .

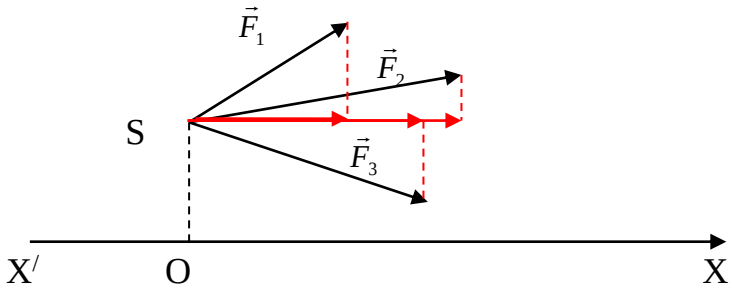


بإمكان القوة $\vec{F}$ ، تدوير الجسم الصلب حول النقطة O بحيث يبقى الذراع d بطول ثابت .

عزم جملة قوى بالنسبة لنقطة

في جملة قوى متلاقية في النقطة S

و المتواجدة كلها في نفس المستوى ، يحسب العزم المحصل لهذه القوى بالنسبة للنقطة O كما يلي .



$MF1/O= F1x \times OS$

$MF2/O= F2x \times OS$

$MFn/O= Fnx \times OS$

$\sum MFn/O= MF1/O+ MF2/O+\ldots\ldots\ldots+MFn/O$

$\sum MFn/O= F1x \times OS+ F2X \times OS+\ldots\ldots\ldots+Fnx \times OS$

$\sum MFn/O= OS(F1x + F2x+\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots+ Fnx)$

$\sum MFn/O=Fx \times OS$

$$\sum M_{Fn}/O= F_x \times d$$

و العبارة المحصل عليها تعبّر على نظرية تعرف بـ :

نظرية فارينيون Théorème de VARIGNON

نصُّها كالتالي :

يكون مجموع عزوم جملة من القوى بالنسبة لنقطة مساويا لعزم محصلة جملة القوى المركبة بالنسبة لنفس النقطة.

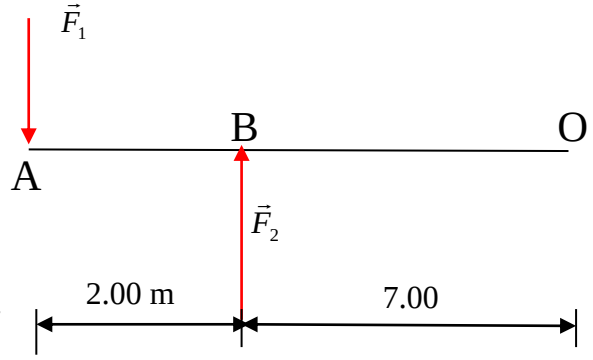
تطبيق

1- أحسب عزم القوتين F1= 18 Kgf و F2=27 Kgf بالنسبة للنقطة " O ".

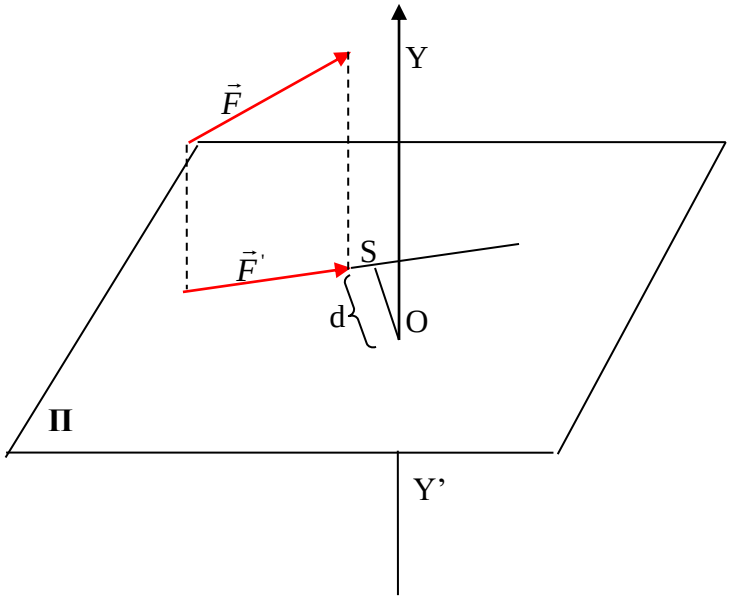
2- أحسب محصلة هاتين القوتين وعين نقطة تأثيرها.

3- أحسب عزم هذه المحصلة بالنسبة للنقطة " O"

4- ما الذي تلاحظه على قيمتي العزمين المحسوبين ؟



عزم قوة بالنسبة لمحور:



لتكن لدينا القوة $\vec{F}$ والمحور xx′ والمستوي Π المتعامد مع المحور yy′ والذي يقطعه في النقطة O إذا أسقطنا القوة $\vec{F}$ على المستوي Π نتحصل على القوة $\vec{F}'$. وإذا رسمنا من النقطة O الخط المتعامد مع القوة F′ والذي يقطعها في النقطة S يصبح لدينا الذراع d والذي يساوي OS. ومن خلال التعريف السابق لعزم القوة نستطيع كتابة العلاقة التالية:

$$M_F/yy' = M_{F'}/yy' = F' \times d$$

ملاحظة: إذا كانت القوة $\vec{F}$ موازية للمحور yy′ فإن إسقاطها على المستوي Π نقطة وبالتالي:

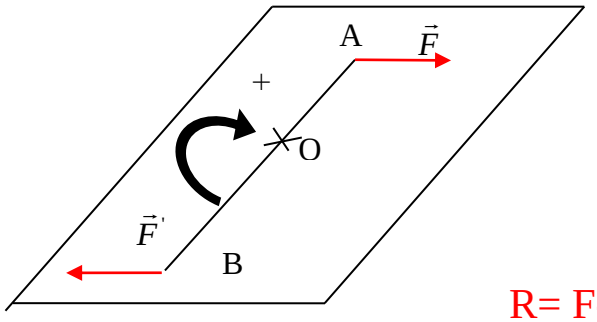
$$MF/yy'=0 \qquad F'=0$$

عزم مزدوجة Le moment d'un couple:

تعريف المزدوجة Le couple:

هي جملة قوتين متوازيتين ، متساويتين وذات اتجاه مختلف ، المسافة الفاصلة بينهما تسمى ذراع المزدوجة. والمزدوجة لا تحدث حركة انتقال بل تسبب دورانا عموديا على مستوى المزدوجة.

محصلة المزدوجة معدومة.



$$R = F - F'$$
$$R = 0$$

تعريف عزم المزدوجة

يكون عزم المزدوجة مساويا جداء إحدى القوتين في المسافة الفاصلة بينهما **d** المسماة بذراع المزدوجة.

لنأخذ بالنسبة لنقطة كيفية " **O** " من مستوى المزدوجة مجموع عزوم قوتين.

$$\sum M(F, F') /O = F \times AO + F' \times OB$$

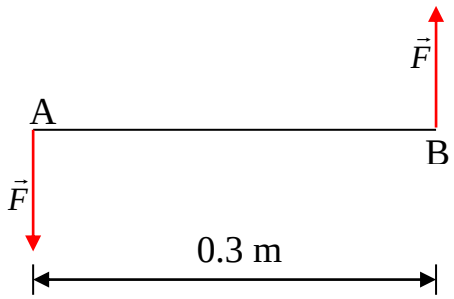
$$\sum M(F, F') /O = F(AO+OB)$$

$$\sum M(F, F') /O = F \times AB$$

$$M = F \times d$$

$$\sum M_{(F, F')} /O = F \times d$$

ملاحظة: تكون قيمة العزم غير متعلقة بالنقطة المختارة.



تطبيق : نطبق قوة **F= 50 N** على طرفي قضيب معدني،

المسافة بين القوتين **AB= 0.3 m**.

أحسب قيمة عزم هذه المزدوجة.

تمارين

تمرين رقم **01** : قوتين **F_1= 8 daN** و **F_2= 5 daN** مطبقتين في نقطة واحدة ،حواملهما يكونان في ما بينهما زاوية α .

المطلوب حساب محصلة هاتين القوتين من أجل القيم التالية للزاوية α بيانيا و حسابيا

$\alpha = 0°$ ، $\alpha = 60°$ ، $\alpha = 90°$ ، $\alpha = 120°$ سلم الرسم : **1 cm ⟶ 1 daN**

تمرين رقم **02**

لتكن **4** قوى متلاقية في نقطة واحدة :

F_1= 35 Kgf ، **F_2= 50 Kgf** ، **F_3=60Kgf** و **F_4= 75 Kgf**.

حوامل هذه القوى تكون مع محور الفواصل (المحور **XX**) الزوايا التالية:

$\alpha_1 = 45°$. $\alpha_2 = 60°$. $\alpha_3 = 135°$. $\alpha_4 = 240°$

يطلب حساب محصلة هذه القوى ثم عين قيمة الزاوية θ التي تكونها مع محور الفواصل .

بيانيا و حسابيا . سلم الرسم **1cm ⟶ 20 Kgf**

تمرين رقم **03** : لدينا القوتين المتوازيتين في نفس الإتجاه **F_1= 200 N** و **F_2= 350 N**. المسافة بين القوتين = **AB = 4.00 m**.

أحسب قيمة المحصلة بيانيا و حسابيا و عين نقطة تأثيرها **P** .

سلم الرسم **1 cm ⟶ 100 N**

1 cm ⟶ 1 m

تمرين رقم 04 :

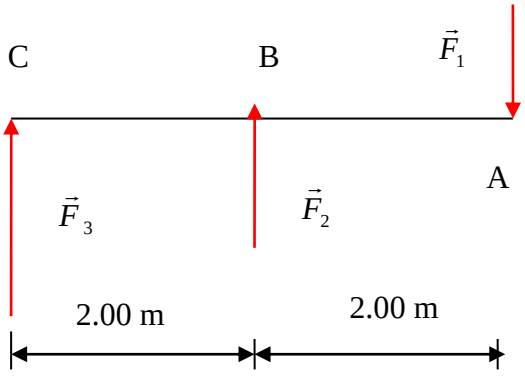
لدينا القوتين المتوازيتين والمتعاكستين في الإتجاه $F_1 = 250\ N$ و $F_2 = 400\ N$. المسافة بين القوتين $AB = 2.00\ m$.

أحسب قيمة المحصلة ثم عين نقطة تأثيرها " P " بيانيا و حسابيا.

سلم الرسم $1\ cm \longrightarrow 100\ N$

$1\ cm \longrightarrow 1\ m$

تمرين رقم 05 : لدينا ثلاث قوى متوازية كما هو مبين على الشكل: $F_1 = 10\ daN$، $F_2 = 15\ daN$، $F_3 = 20\ daN$



أحسب محصلة هذه القوى ثم عين نقطة تأثيرها " P "بيانيا و حسابيا.

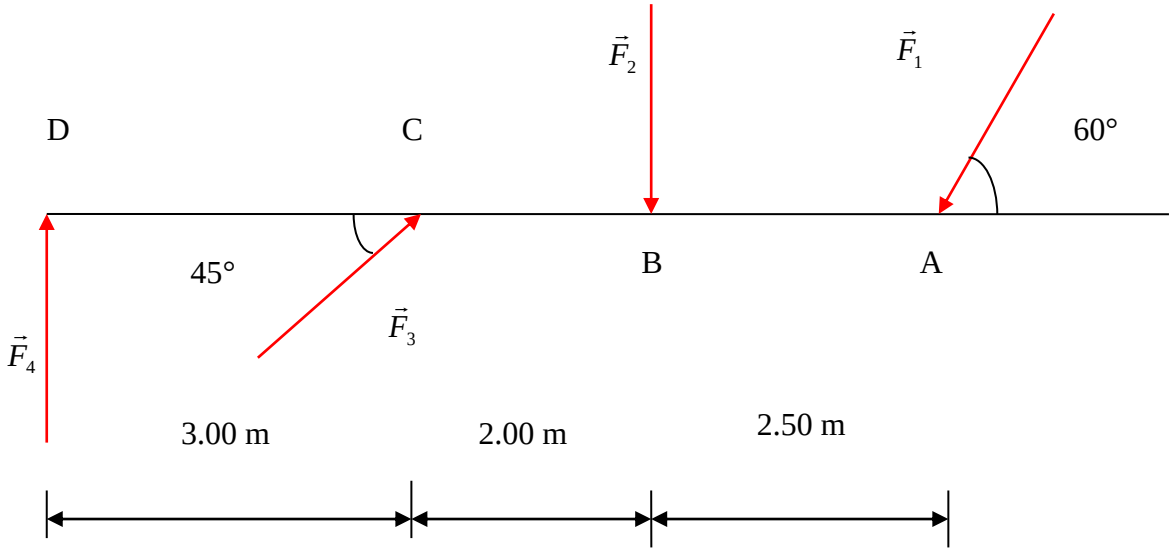
سلم الرسم $1\ cm \longrightarrow 10\ daN$

$1\ cm \longrightarrow 1\ m$

تمرين رقم 06

لتكن لدينا أربع قوى كيفية كما هو مبين على الشكل:

$F_1 = 20\ Kgf$، $F_2 = 15\ Kgf$، $F_3 = 10\ Kgf$ و $F_4 = 10\ Kgf$.



أحسب محصلة هذه القوى ثم عين نقطة تأثيرها " P " بيانيا و حسابيا.

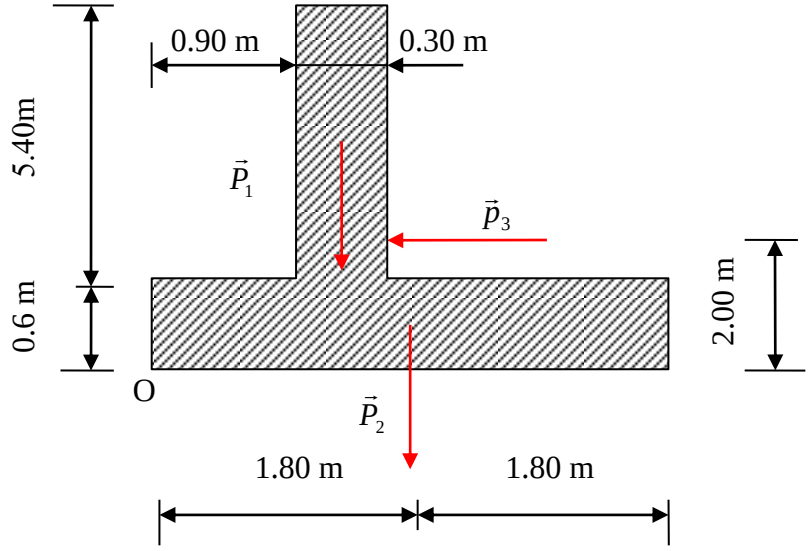
السلم المستعمل : $1\ cm \longrightarrow 1\ m$

$1\ cm \longrightarrow 10\ Kgf$

تمرين رقم07

أحسب مجموع عزوم القوى المؤثرة على الجدار الساند المبين في الشكل بالنسبة للنقطة " o".

P_1= 480 Kgf
P_2= 690 Kgf
P_3= 345 Kgf



الفصل الثاني

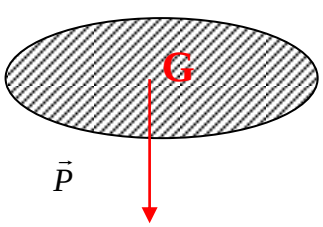
الخصائص الهندسية للمقاطع المستوية

مركزالثقل

العزم السكوني

عزم العطالة

I – مركزالثقل Centre de gravité



1-تعريف مركز الثقل

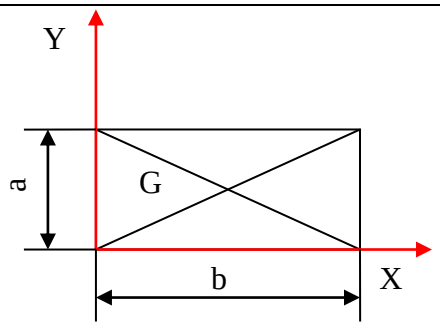
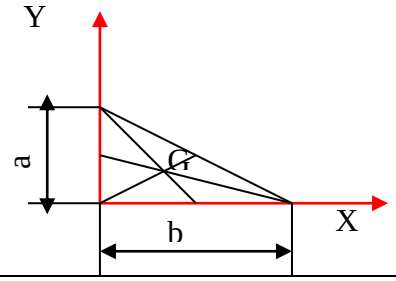
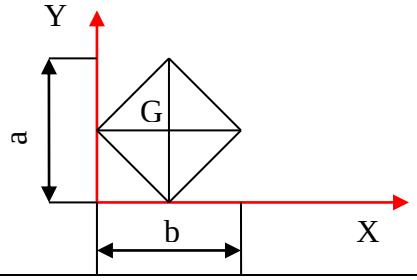
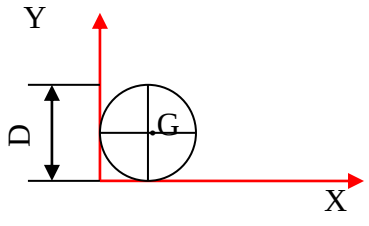
إن مركز ثقل الجسم (1) هو نقطة

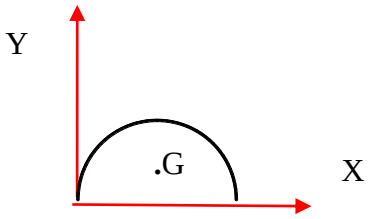
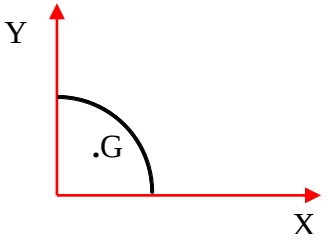
تطبيق محصلة قوى الجاذبية المؤثرة على الجسم(1).

2–مركز ثقل مقطع مستو Centre de gravité d'une section plane

بصفة عامة يمكن مقاربة المقطع إلى جسم متجانس ذو سمك ثابت و صغير جدا بحيث يمكن إهماله.و على هذا الأساس، فإن مركز ثقل مقطع ما هو النقطة التي يمكن اعتبار تمركز المقطع عندها.

و هذا الجدول يبين مراكز الثقل لبعض المقاطع البسيطة:

التسمية	المقطع	المساحة	إحداثيات مركز الثقل
المستطيل		$a \times b$	$X_G = \frac{b}{2}$ $Y_G = \frac{a}{2}$
المثلث		$\frac{a \times b}{2}$	$X_G = \frac{b}{3}$ $Y_G = \frac{a}{3}$
المعين		$\frac{a \times b}{2}$	$X_G = \frac{b}{2}$ $Y_G = \frac{a}{2}$
الدائرة		$\Pi \times R^2$ $\frac{\Pi}{4} \times D^2$	$X_G = R$ $Y_G = R$

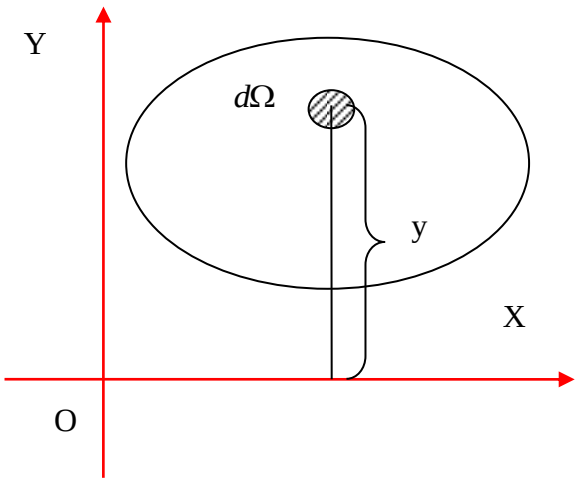
نصف دائرة		$\frac{\Pi}{2}\times R^2$	$X_G = R$ $Y_G = \frac{4\times R}{3\times \Pi}$
ربع دائرة		$\frac{\Pi}{4}\times R^2$	$X_G = \frac{4\times R}{3\times \Pi}$ $Y_G = \frac{4\times R}{3\times \Pi}$

3-تعريف عزم السكون Moment statique :

يسمى أيضا بالعزم الأستاتيكي أو العزم الأول للمقطع.

إن العزم السكوني لمقطع معين بالنسبة لأي محور هو الخاصية الهندسية التي تعطى بالتكامل التالي:

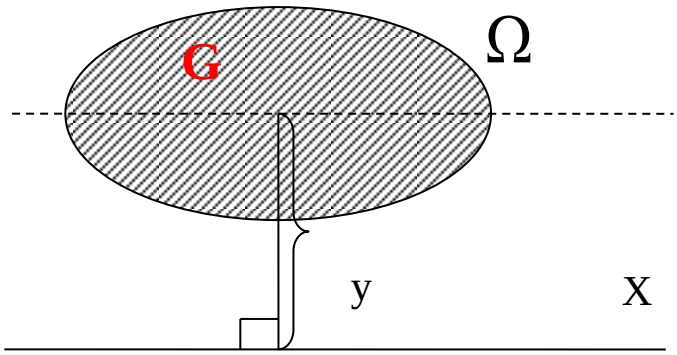
$$S/_X = \int_{surface} y.d\Omega$$



$d\Omega$ مقطع تفاضلي .

$\mathbf{y}$ المسافة بين المقطع التفاضلي و المحور($\mathbf{X}$).

نعرف عزم السكون لمساحة Ω بالنسبة لمحور كيفي($\mathbf{X}$) بجداء المساحة (Ω) في المسافة العمودية($\mathbf{y}$) الفاصلة بين مركزالثقل للسطح والمحور ($\mathbf{X}$).

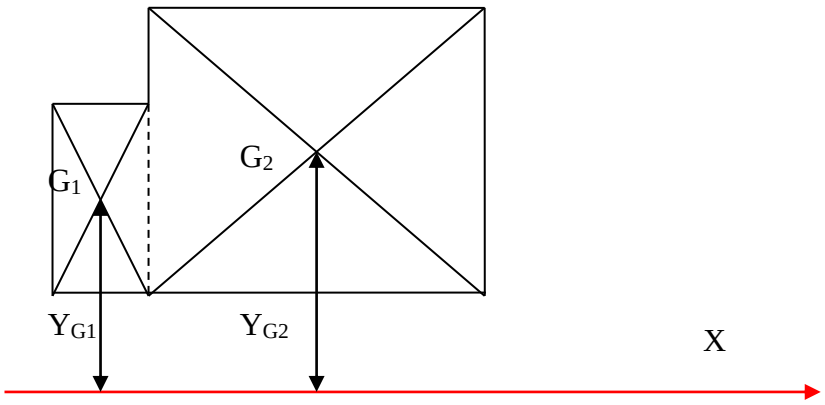


$$S/_X = \Omega \times y$$

– وحدة عزم السكون هي وحدة الطول مرفوعة للدرجة الثالثة و تكون عموما ($\mathbf{m^3}$ ، $\mathbf{cm^3}$ ،$\mathbf{mm^3}$).

–إذا كان المقطع معقدا نوعا ما ولا يحتوي على مركز ثقل واضح فإننا نقوم في هذه الحالة بتقسيم المقطع الكلي إلى جملة من المقاطع البسيطة (مثلث، مربع، مستطيل...)والتي يساوي مجموعها المقطع الكلي(Ω).

في هذه الحالة يكون عزم السكون للمقطع الكلي مساويا لمجموع عزوم السكون للمقاطع الجزئية فمثلا في حالة الشكل التالي:



$$S/_X = S_1/_X + S_2/_X$$

$$S/_X = \Omega_1 \times y_{G1} + \Omega_2 \times y_{G2}$$

$$S/_X = \sum_{C=1}^{n} \Omega_n \times y_{Gn}$$

4- حساب إحداثيات مركز الثقل Coordonnées du centre de gravité

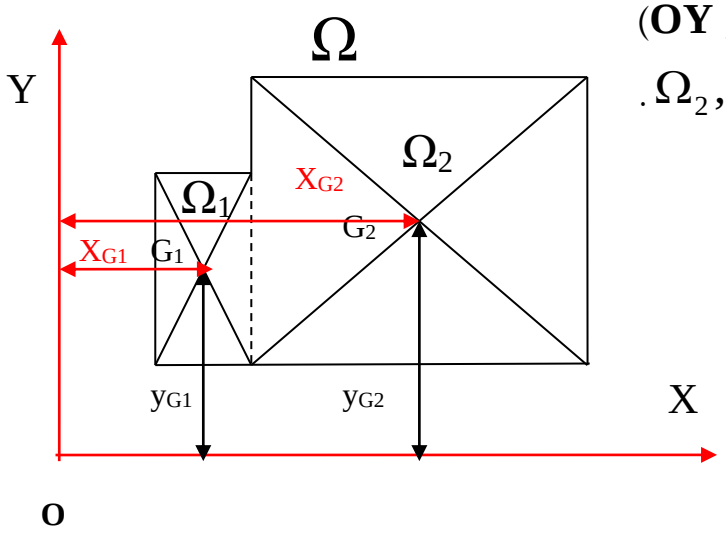
تكمن الأهمية الأولى لعزم السكون في كونه يسمح بحساب إحداثيات مركز الثقل لمقطع كيفي.

ويتم ذلك حسب المراحل التالية:

ليكن لدينا المقطع المنسوب إلى المعلم المتعامد(**OY ; OX**)

(x_{G1} ، x_{G2}) : فواصل مراكز الثقل للمقاطع: Ω_1, Ω_2 .

(y_{G1}، y_{G2}) : تراتيب مراكز الثقل للمقطعين



فلنحسب X_G, Y_G

إحداثيات مركز ثقل المقطع الكلي **Ω**.

حيث :

$S/_Y = S_1/_Y + S_2/_Y$

$\Omega \times X_G = \Omega_1 \times x_{G1} + \Omega_2 \times x_{G2}$ ⟵

$$X_G = \frac{\Omega_1 \times x_{G1} + \Omega_2 \times x_{G2}}{\Omega}$$

$$X_G = \frac{\sum \Omega_n \times x_{Gn}}{\Omega} \Rightarrow X_G = \frac{\sum \Omega_n \times x_{Gn}}{\sum \Omega_n}$$

وبنفس الطريقة نجد Y_G :

$$Y_G = \frac{\sum \Omega_n \times y_{Gn}}{\sum \Omega_n}$$

والكتابة العملية لهذه المراحل تتم في جدول مساعد وملخص كالتالي:

الرقم	المقاطع الجزئية Ω_n	الفواصل الجزئية x_{Gn}	التراتيب الجزئية y_{Gn}	S_n / Y	S_n / X

$\Omega_1 \times y_{G1}$	$\Omega_1 \times x_{G1}$	$y_{G1}=$	$x_{G1}=$	$\Omega_1 =$	1
$\Omega_2 \times y_{G2}$	$\Omega_2 \times x_{G2}$	$y_{G2}=$	$x_{G2}=$	$\Omega_2 =$	2
$S/X = \sum \Omega_n \times y_{Gn}$	$S/Y = \sum \Omega_n \times x_{Gn}$	$\Omega = \sum \Omega_n$			
$Y_G = \frac{\sum \Omega_n \times y_{Gn}}{\Omega}$	$X_G = \frac{\sum \Omega_n \times x_{Gn}}{\Omega}$				

ملاحظة :

1- يمكن للعزم السكوني أن يكون موجبا، سالبا أو معدوما.

- يكون موجباً إذا كان المقطع فوق المحور X و سالبا تحته.

- يكون موجبا إذا كان المقطع على يمين المحور Y و سالبا على يساره.

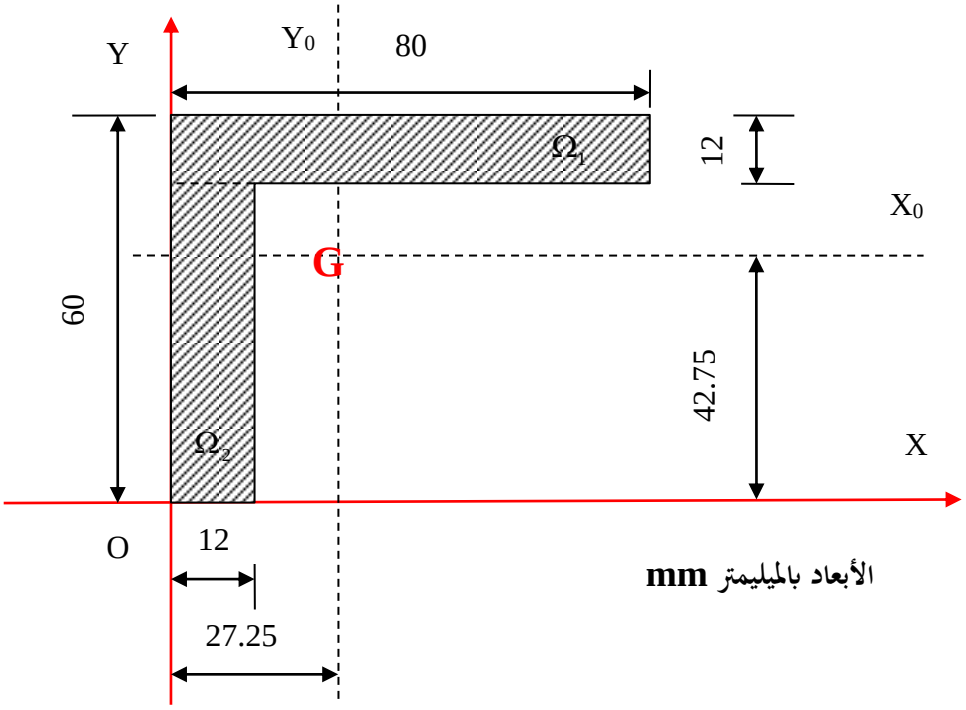
- يكون معدوما إذا كان المحور يمر بمركز الثقل.

2- في حالة ما إذا احتوى المقطع على فراغات فإن العزم السكوني الكلي للمقطع يساوي العزم السكوني الكلي للمقطع مملوءا مطروحا منه عزم سكون الفراغ .

تطبيق

ليكن المقطع المنسوب للمعلم (OY ، OX) .

تحقق من إحداثيات مركز ثقل هذا المقطع.

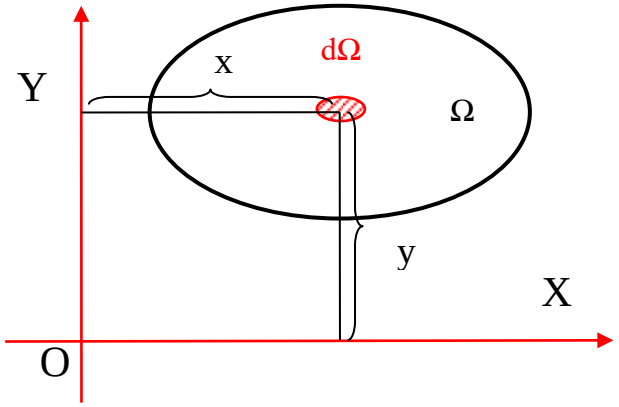


II – عزم العطالة Moment d'inertie

1- تعريف

يسمى أيضا بعزم القصور الذاتي أو العزم التربيعي Moment quadratique.

إن عزم العطالة لمقطع معين بالنسبة لأي محور هو الخاصية الهندسية التي تعطى بالتكامل التالي:



$$I/_X = \int_{surface} y^2 d\Omega$$

$$I/_Y = \int_{surface} x^2 d\Omega$$

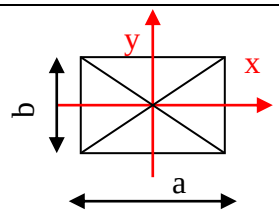
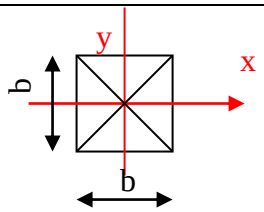
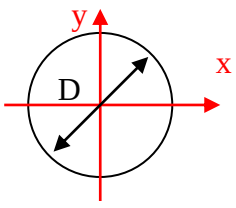
$d\Omega$: المقطع التفاضلي أو المقطع الأولي.

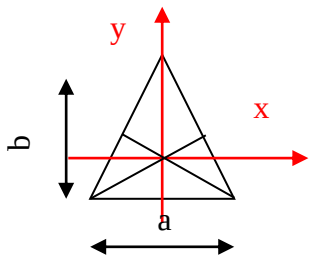
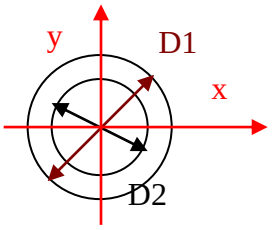
x: المسافة بين المقطع الأولي و المحور **Y**

y : المسافة بين المقطع الأولي و المحور **X**

2 –عزم العطالة للمقاطع البسيطة

اعتمادا على تعريف عزم العطالة كان بإمكاننا حساب عزم العطالة بالنسبة للمحاور التي تمر بمركز ثقل المقاطع والجدول الموالي يقدم هذه العزوم لبعض المقاطع البسيطة.

التسمية	المقطع	المساحة	I/x	I/y
المستطيل		$a \times b$	$\frac{a \times b^3}{12}$	$\frac{b \times a^3}{12}$
المربع		b^2	$\frac{b^4}{12}$	$\frac{b^4}{12}$
الدائرة		$\frac{\Pi}{4} \times D^2$	$\frac{\Pi}{64} \times D^4$	$\frac{\Pi}{64} \times D^4$

المثلث		$\frac{a \times b}{2}$	$\frac{a \times b^3}{36}$	$\frac{b \times a^3}{48}$
الحلقة		$\frac{\Pi}{4} \times \left(D_1^2 - D_2^2\right)$	$\frac{\Pi}{64} \times \left(D_1^4 - D_2^4\right)$	$\frac{\Pi}{64} \times \left(D_1^4 - D_2^4\right)$

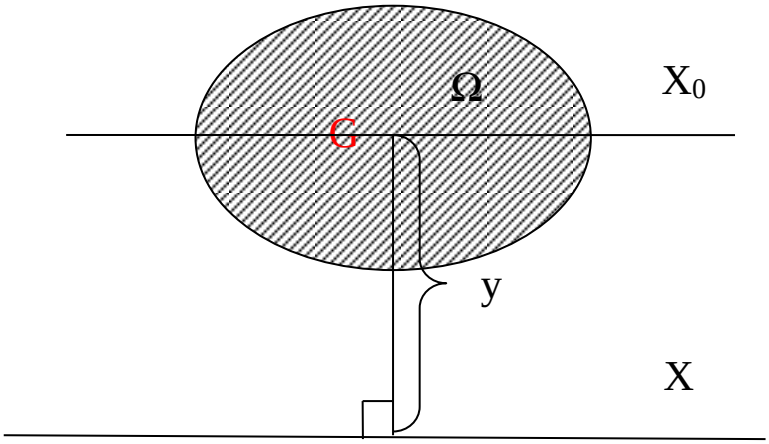
ملاحظة: عزم العطالة يكون دائما موجباووحدته هي وحدة الطول مرفوعةللدرجة الرابعة.

(mm^4 ،cm^4 ،m^4).

3- نظرية هويغس:وتسمى أيضا نظرية المحاور المتوازية لعزوم العطالة.تنص هذه النظرية على مايلي:

Théorème de HUYGHENS نظرية هويغنس

عزم العطالة لمقطع مستوي Ω بالنسبة للمحور الكيفي(X)يساوي عزم عطالة هذا المقطع بالنسبة للمحور المار بمركز ثقله (X_0) والموازي للمحور X زائد جداء مساحة المقطع Ω ومربع المسافة y الفاصلة بين المحورين X و X_0



$$I/_x = I/_{x0} + \Omega y^2$$

ملاحظة : المحاور التي تمر بمركز ثقل المقطع تسمى بالمحاور المركزية **Axes centraux** .

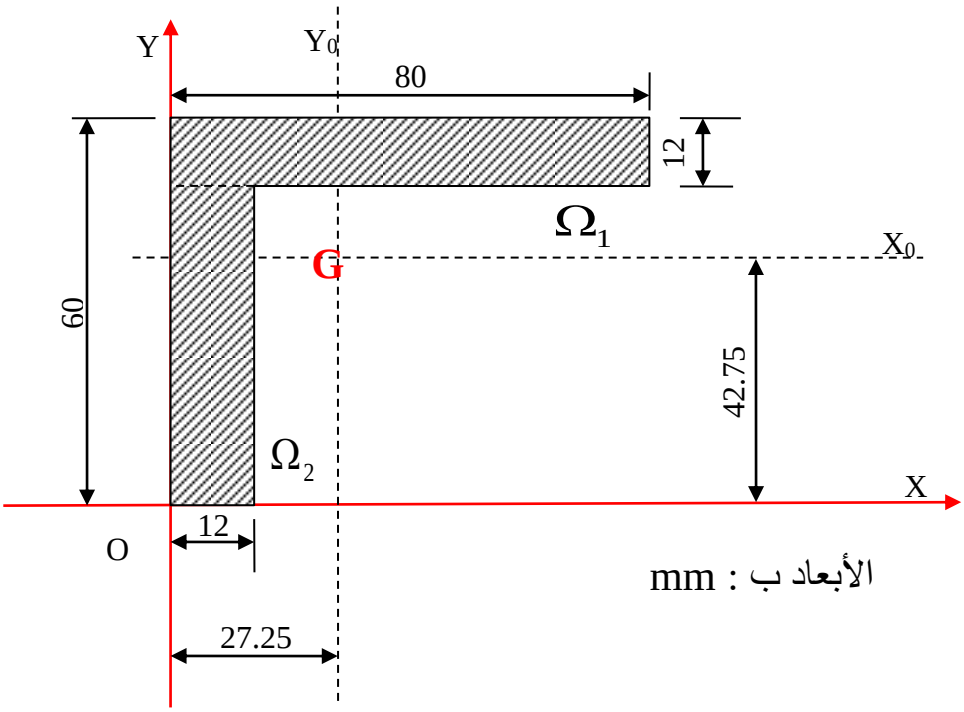
4- عزم عطالة المقاطع المركبة

إن عزم العطالة للشكل المركب يساوي مجموع عزوم العطالة لأجزائه منفردة وبهذايجب تقسيم المقطع إلى أشكال بسيطة (مستطيلات ،مثلثات، دوائر...).وبحساب عزوم العطالة لهذه الأشكال وجمعها نحصل على العزم المطلوب.

5- عزم العطالة للمقاطع المفرغة

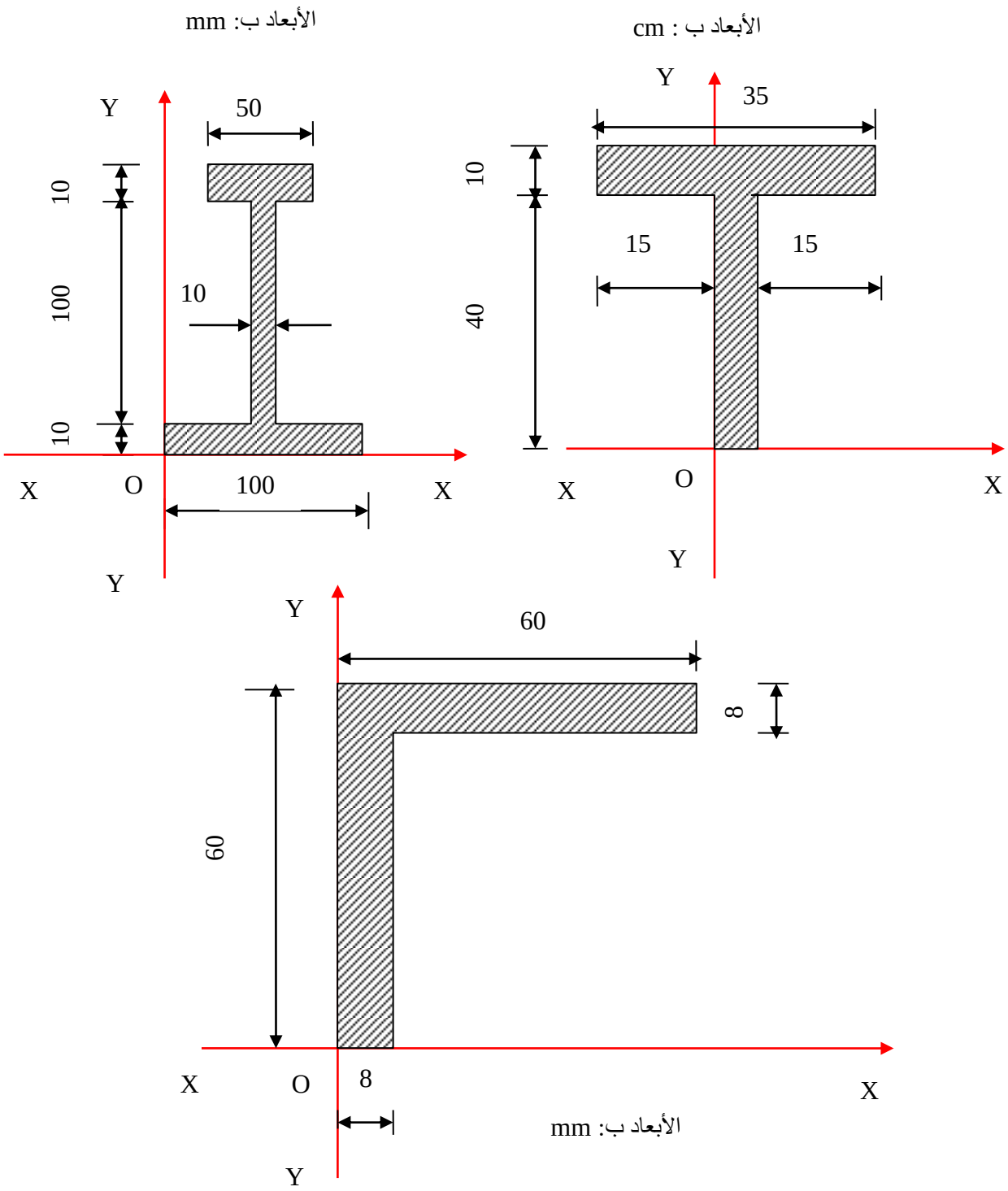
إذا كان السطح المطلوب حساب عزم عطالته يحتوي على أجزاء مفرغة فإننا نقوم في هذه الحالةبحساب عزم العطالة الكلي باعتبار المقطع الكلي مملوءا ثم نطرح منه عزم عطالة المقطع أو المقاطع المفرغة.

تطبيق : أحسب عزم عطالة المقطع المدروس سابقا بالنسبة للمحورين المركزيين (**X0،Y0**).



تمرين رقم 01

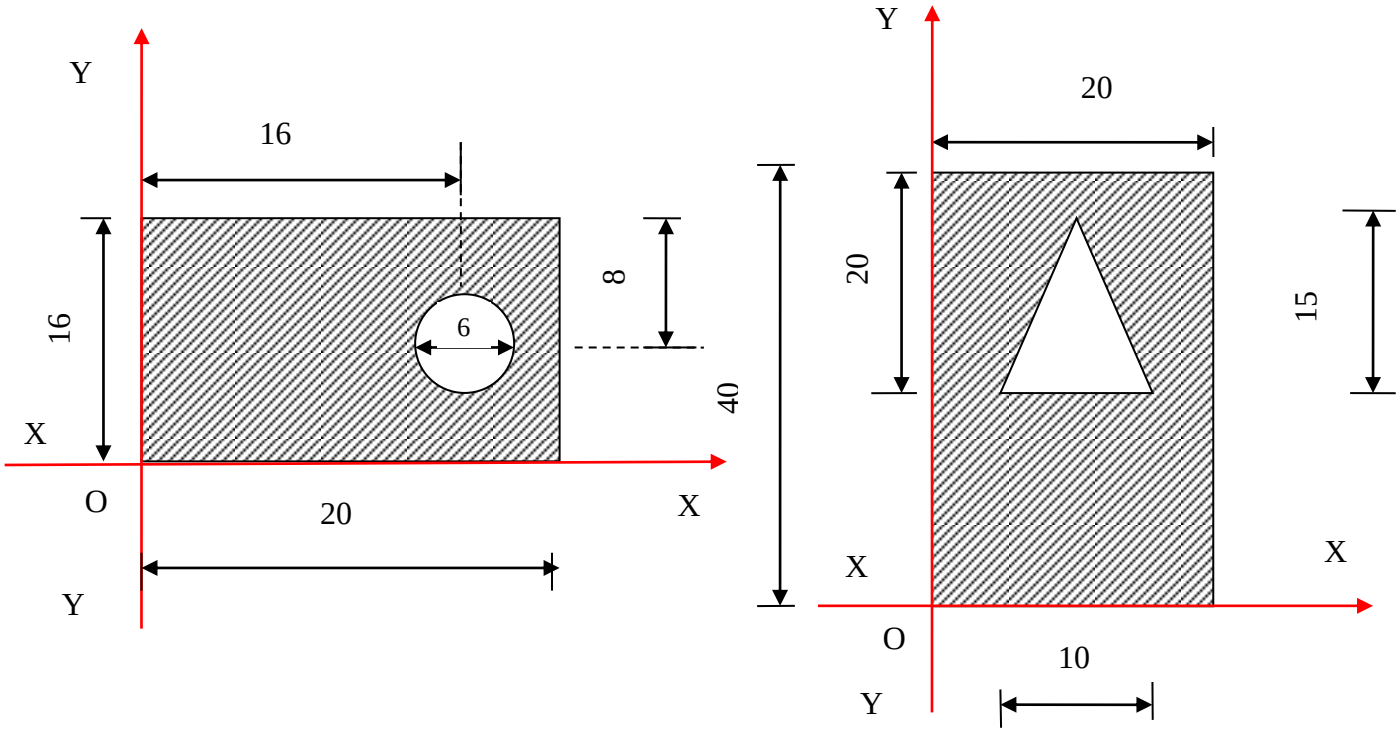
أحسب إحداثيات مركز ثقل المقاطع المستوية التالية و المنسوبة للمعلم (**OY ,OX**) **XG** و **YG**.



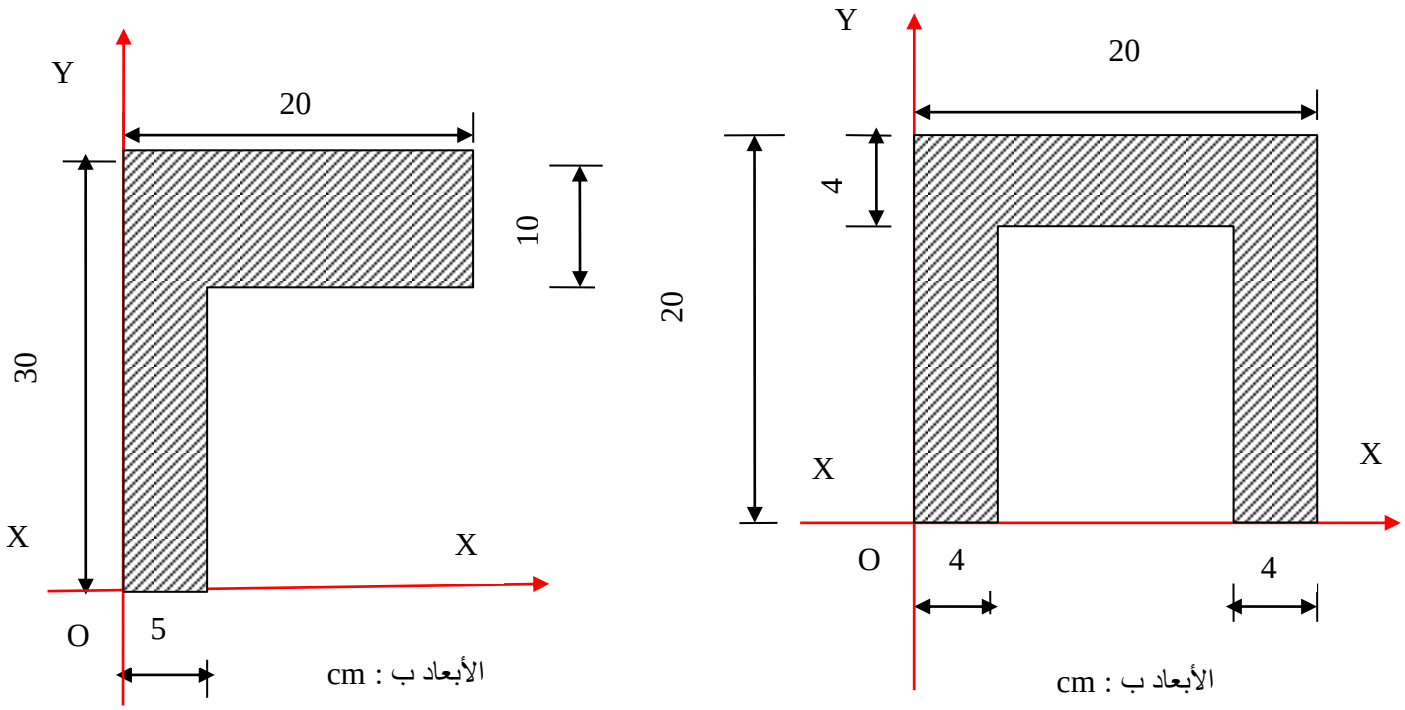
تمرين رقم 02 : أحسب إحداثيات مركز ثقل المقاطع المستوية التالية و المنسوبة للمعلم (OY ,OX):

X_G و Y_G و التي تحتوي على تجاويف.

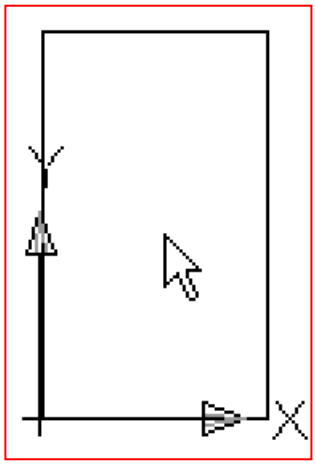
استنتج إحداثيات مركز الثقل بالنسبة لمحورين موازيين ل (OY,OX) و يتقاطعان في مركز ثقل المساحة المملوءة.



تمرين رقم 03 :أحسب عزم عطالة المقاطع المستوية التالية بالنسبة للمحورين المركزيين (OX_0, OY_0)



– بالإضافة إلى ما توفره برامج **DAO** من وسائل للرسم ، فهي تحتوي أيضا على أدوات تمكن من تحديد الخصائص الهندسية للمقاطع المستوية شرط أن تمثل الأشكال المرسومة حيّزات مغلقة أنجزت بأدوات مثل **polyligne** أو**rectangle** أو **cercle** إلخ ..... . و يتم هذا باتباع المراحل الآتية :



1– تغير مبدأ المعلم المرفوق بالمستوي المتمثل في فضاء العمل

و هذا بإعطاء الأوامر الآتية :

القائمة Outils --- Nouveau SCU --- origine

ثم النقر على النقطة من المقطع التي نريدها أن تكون مبدأ

للمحاور التي تحسب بالنسبة إليها الخصائص الهندسية .

2– تعريف المقطع الذي نريد معرفة خصائصه الهندسية بتحويلها إلى منطقة **Région** كما يلي .

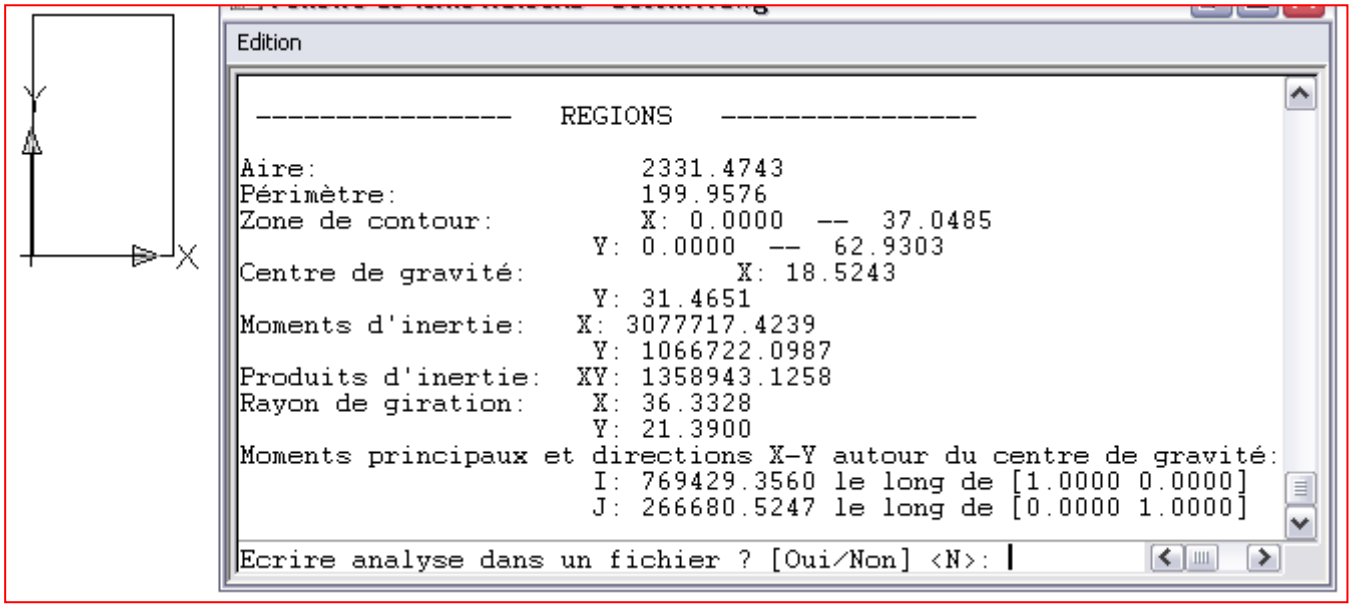
القائمة Dessin --- Région

ثم النقر على المحيط الحيز لإتمام العملية .

3– أخيرا إعطاء أمر حساب وعرض كل الخصائص الهندسية للمقطع بالنسبة للمحاور المختارة عبر ما يلي :

القائمة Outils --- Renseignements --- Propriétés mécaniques de la région

لتُعرض علينا النافذة أدناه المحتوية لعدد كبير من خصائص المقطع المستوي



الفصل الثالث

مبدأ الفعل ورد الفعل

مبدأ الفعل و رد الفعل

الجسم الصلب

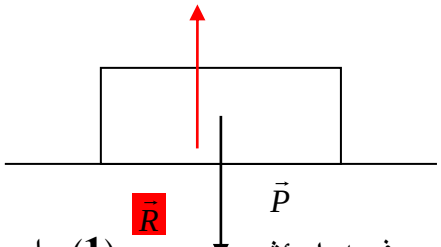
دراسة مختلف المساند

I – مبدأ الفعل و رد الفعل

Principe d'action et de réaction

مقدمة

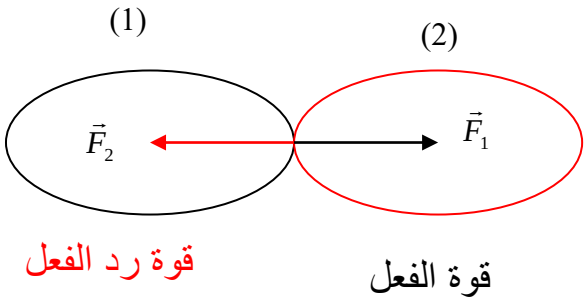
نفرض أن جسما معينا فوق مستوي أفقي، هذا الجسم يطبق على المستوي قوة تتمثل في ثقله $\vec{P}$ الناتج عن الجاذبية المستوي بدوره يطبق على الجسم قوة $\vec{R}$ مساوية ومعاكسة لثقل الجسم وهذا ما يفسر بقاء الجسم في حالة سكون.



بصفة عامة تؤثر الأجسام على بعضها البعض ، فعندما يؤثر جسم (1) على جسم (2) بقوة $\vec{F}_1$ يرد الجسم(2) على الجسم (1)بقوة $\vec{F}_2$ مساوية ومعاكسة لها وهذا ما يفسر بقاء الجسمين في حالة سكون.

$\vec{F}_1$: قوة الفعل.

$\vec{F}_2$: قوة رد الفعل



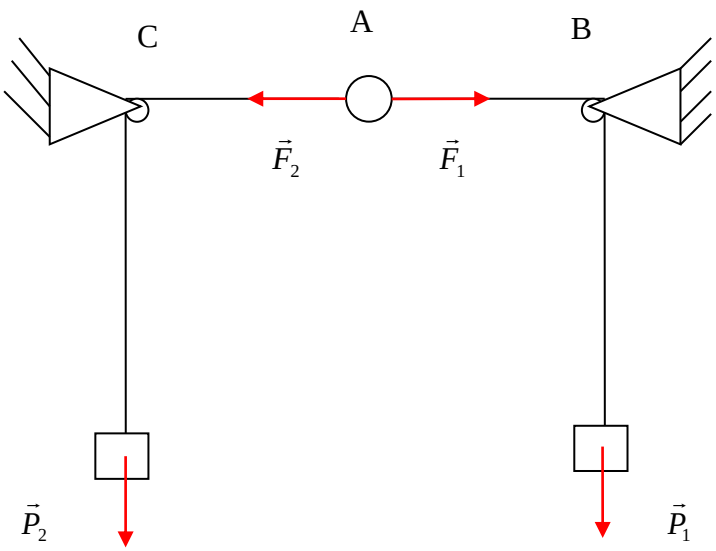
تعريف الجسم الصلب Le corps solide

الجسم الصلب عبارة عن جملة مادية (مجموعة من النقاط المادية) غير قابلة للتشوه .

أما جملة أجسام صلبة فهي عبارة عن مجموعة من الأجسام مرتبطة كليا (مثلا بواسطة براغي) أو مرتبطة جزئيا (مثلا بواسطة مفاصل) .

توازن جسم صلب خاضع لقوتين

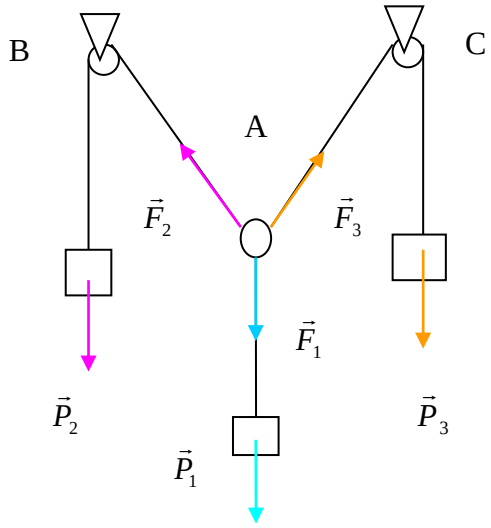
- نربط حلقة (A) بخيط على اليمين و آخر على اليسار بحيث يمر الخيطان عبر بكرتين عند النقطتين (B) و (C) نعلق في نهاية الخيطين ثقلين ($\vec{P}_1$) و ($\vec{P}_2$) .
- إذا كان الثقل ($\vec{P}_1$) أكبر من الثقل ($\vec{P}_2$) فإن الحلقة (A) تنزاح إلى ناحية النقطة (B) لأن $\vec{P}_1 \succ \vec{P}_2$ و بالتالي $\vec{F}_1 \succ \vec{F}_2$.
- إذا كان الثقل ($\vec{P}_1$) مساويا للثقل ($\vec{P}_2$) فإن الحلقة (A) تبقى في مكانها لأنها تخضع لقوتين متساويتين في الشدة و في اتجاهين متعاكسين.



نتيجة : يكون الجسم الصلب في حالة توازن تحت فعل قوتين إذا كانتا متساويتين و متعاكستين في الإتجاه.

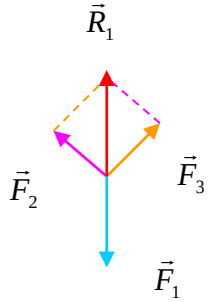
توازن جسم صلب خاضع لثلاث قوى

- نربط حلقة (A) بثلاث خيوط ،إثنان منها يمران عبر بكرتين عند النقطتين (B) و (C).
- عند النهاية الطليقة لكل خيط نعلق ثقلا : $(\vec{P}_1, \vec{P}_2, \vec{P}_3)$.
- إذا اختيرت الأثقال : $(\vec{P}_1, \vec{P}_2, \vec{P}_3)$ بطريقة ملائمة فإن الحلقة (A) تبقى في حالة سكون.
- تكون الحلقة (A) في حالة توازن إذا كانت القوى المؤثرة عليها تحقق الشرط التالي: $\vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{P}_3 = \vec{0}$ أي بعبارة أخرى تكون المحصلة $\vec{R}$ منعدمة.



لتحديد محصلة القوى المؤثرة على الحلقة (A) نقوم بتحديد محصلة القوتين $(\vec{F}_2, \vec{F}_3)$ و لتكن $(\vec{R}_1)$ ثم نحدد محصلة $(\vec{R}_1, F_1)$ و لتكن $(\vec{R})$.

تكون المحصلة منعدمة عندما تكون $(\vec{R}_1, \vec{F}_1)$ متساويتين و متعاكستين في الإتجاه.



$$\vec{F}_1 + \vec{R}_1 = \vec{0}$$

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$$

نتيجة : لكي يتوازن جسم خاضع لثلاث قوى يجب أن تكون محصلة هذه القوى معدومة.

توازن جسم خاضع لمجموعة من القوى

يمكن تعميم النتيجة السابقة .

نتيجة : لكي يتوازن جسم خاضع لمجموعة من القوى الكيفية يجب أن تكون محصلة هذه القوى معدومة.

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + ...\vec{F}_n$$

$$\vec{R} = \vec{0}$$

ملاحظة : نقول عن جسم أنه متوازن سكونيا **(en équilibre statique)** عندما يكون في حالة راحة أي عندما يكون ثابتا.

II – دراسة مختلف المساند Les appuis

الأجسام التي ندرسها هي أجسام ساكنة قبل كل تأثير.لمعرفة طريقة سكون أو تثبيت الأجسام لابد من معرفة حركة هذه الأجسام حيث أنه في المعلم المنسوب إلى المستوي تتم الحركة في ثلاث اتجاهات أو بثلاث درجات للحرية **Degrés de liberté**:

–حركة بالتوازي مع محور الفواصل.

– حركة بالتوازي مع محورالتراتيب.

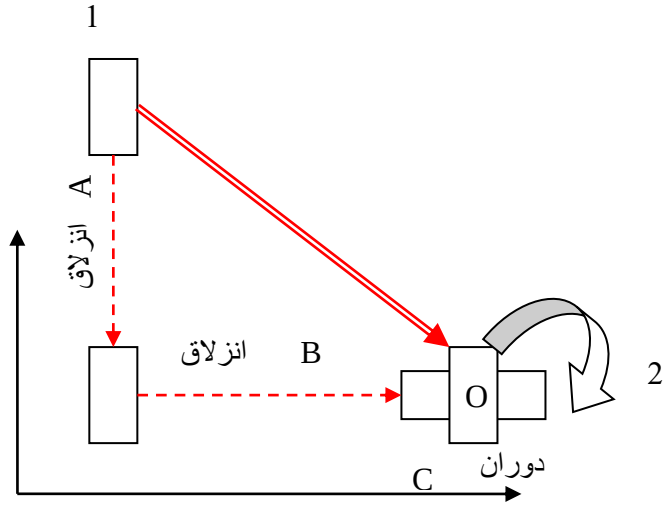
– دوران حول المركز **O**

للتنقل من الوضعية(**1**) إلى الوضعية (**2**) يمر الجسم بالمراحل (**A**) (**B**) و(**C**).

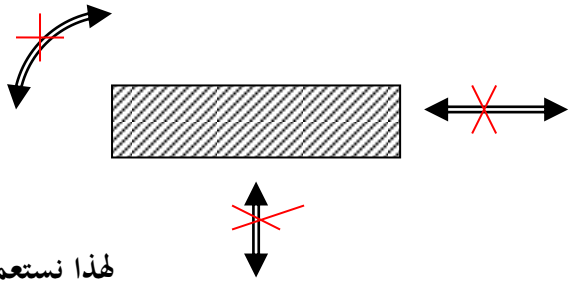
(**A**): انزلاق بالتوازي مع محور التراتيب.

(**B**): انزلاق بالتوازي مع محور الفاصل.

(**C**): دوران حول المركز **O**



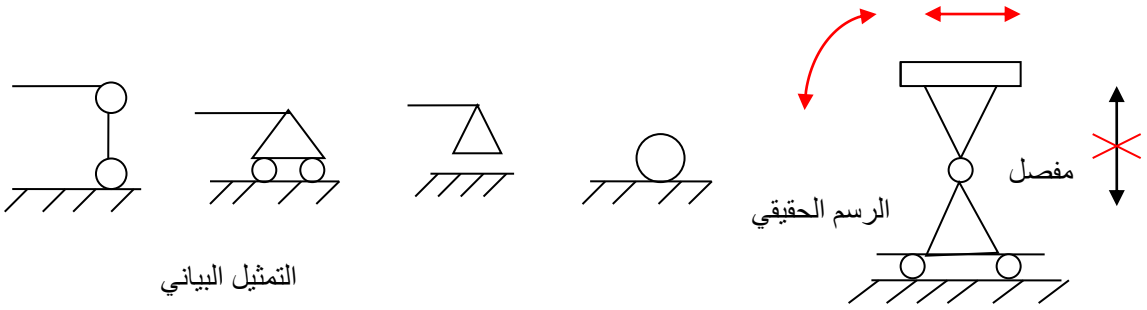
بما أن لكل جسم ثلاث درجات للحركة ، لتثبيته جزئيا أو كليا يجب حذف أو إلغاء إحدى أو كل هذه الدرجات.



لهذا نستعمل المساند التالية:

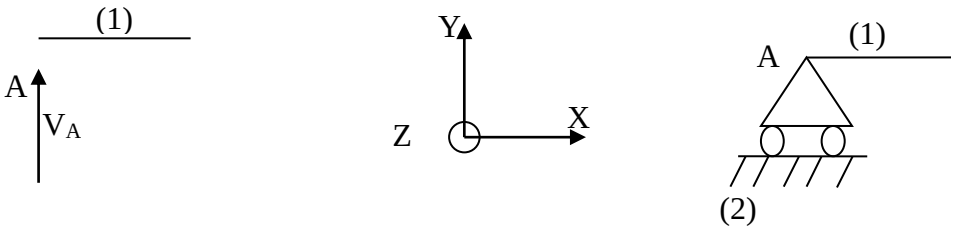
المسند البسيط (المسند المفصلي المتحرك).L’appui simple

ويسمى أيضا بالمسند ذي مفصل وهو يمنع الحركة في اتجاه واحد، ويسمح بحركة في اتجاه واحد ودوران وبالتالي يمكن تسميته بالمسند ذي الدرجتين من الحرية (Appui à deux degrés de liberté).



ندرس الجسم (1) المرتبط بالجسم (2) بواسطة مسند بسيط في النقطة (A).

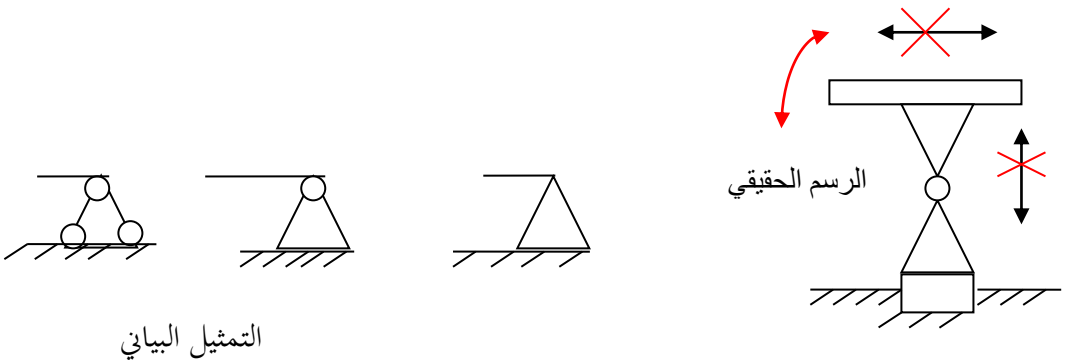
الرابطة تمنع الحركة تبعا للاتجاه (Y).الجسم (1) يطبق عن طريق الرابطة المتمثلة في المسند البسيط قوة تبعا للاتجاه (Y) على الجسم (2) و يردها هذا الأخير بقوة معاكسة هي رد الفعل V_A .



المسند المزدوج (المسند المضاعف أوالمسند ذي المفصل الثابت)

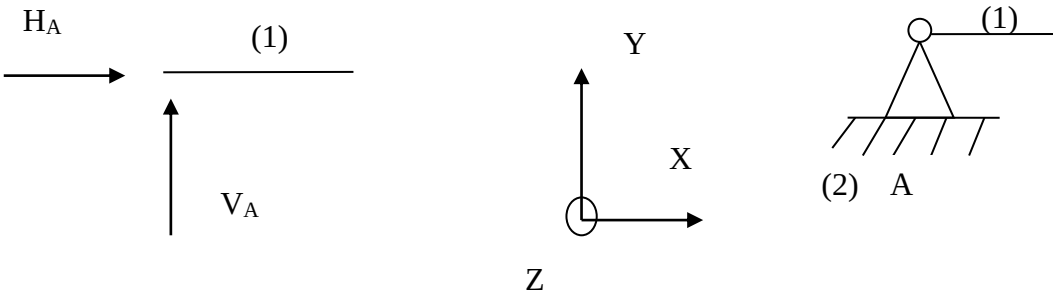
(appui double)

يمنع هذا المسند الحركة في اتجاهين ولا يسمح إلا بالدوران إذن فهو لا يحتوي إلا على درجة واحدة من الحرية.



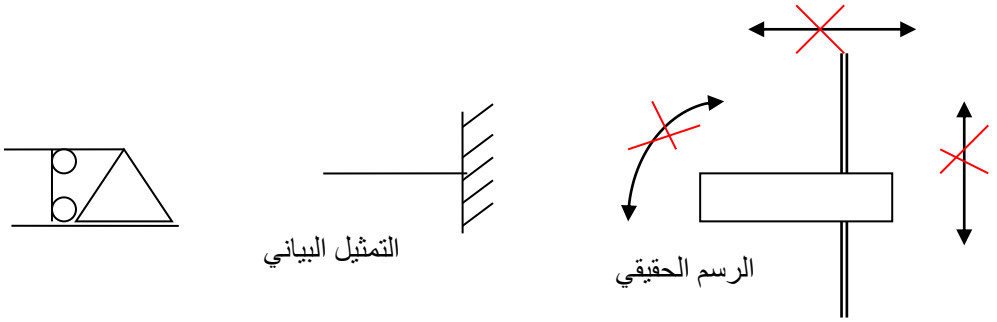
ندرس الجسم (1) المرتبط بالجسم (2) بواسطة مسند مزدوج في النقطة (A).

الرابطة تمنع الحركة تبعا للاتجاه (x) و كذلك تبعا للاتجاه (Y) . فالجسم (1) يطبق عن طريق الرابطة المتمثلة في المسند المزدوج قوة تبعا للاتجاه (X) و قوة تبعا للاتجاه (Y) على الجسم (2) الذي يكون رد فعله عن طريق القوتين V_A و H_A



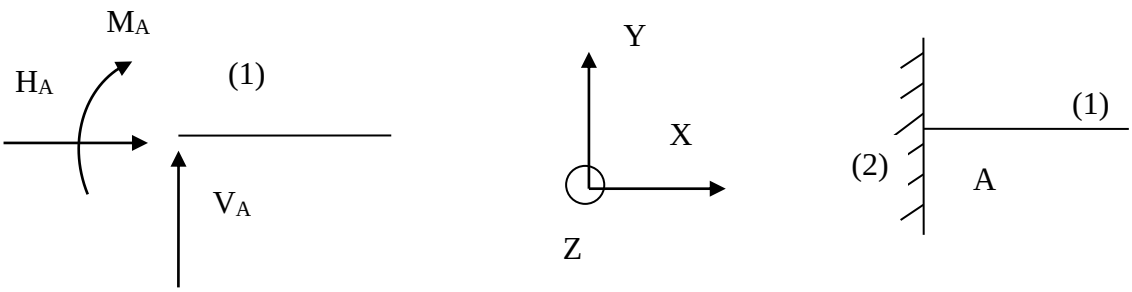
3 – المسند الثلاثي (الموثوق، المدمج، أو الاندماج) L'encastrement

هذا المسند يمنع كل أنواع الحركة وبالتالي لا يحتوي على أي درجة من الحرية.

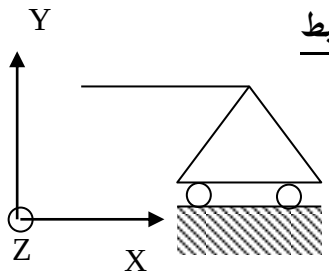
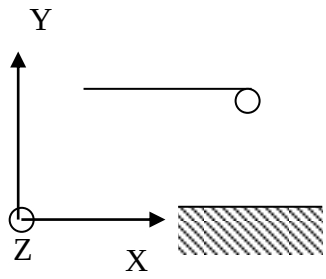
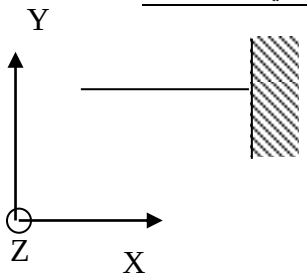


ندرس الجسم (1) المرتبط بالجسم (2) بواسطة مسند ثلاثي في النقطة (A).

الرابطة تمنع الحركة تبعا للاتجاه (X) و كذلك تبعا للاتجاه (Y) كما تمنع الدوران حول المحور (Z). الجسم (1) يطبق عن طريق الرابطة المتمثلة في المسند الثلاثي قوة تبعا للإتجاه (X) و قوة تبعا للإتجاه (Y) و عزم محمول من طرف (Z) على الجسم (2) و ردود الفعل هنا هي القوتان V_A و H_A و العزم M_A .



و في الجدول الموالي نجد ملخصا لهذه المساند.

نوع المسند	أنواع الحركة الممنوعة	درجات الحرية	أمثلة ميدانية
المسند البسيط 	الحركة تبعا ل: **Y**	**02**	مسند في جسر.
المسند المزدوج 	الحركة تبعا ل:**X** الحركة تبعا ل:**Y**	**01**	الرابطة بين المجمعة**(gousset)** و دعامة الزاوية **(cornière)**في هيكل ثلاثي معدني
المسند الثلاثي أو الموثوق 	الحركة تبعا ل:**X** الحركة تبعا ل:**Y** الدوران تبعا ل: **Z**	**00**	– رابطة كتيفة (رافدة شرفة**console**) من الخرسانة المسلحة. – تلحيم عنصرين من الفولاذ.

أنواع الحمولات Les charges

الحمولات هي القوى الخارجية التي تؤثر على الإنشاءات و على أجزائها و مثال ذلك : تأثير التربة على الجدران الساندة،دفع الرياح للجسور و واجهات العمارات أو ضغط الثلوج على السطوح. و هي تنقسم إلى قسمين:

1- القوى المطبقة مباشرة Forces directement appliquées

و تشمل القوى الحجمية التي تعود أساسا إلى الثقل الخاص بالعنصر نفسه المعرض لفعل الجاذبية.

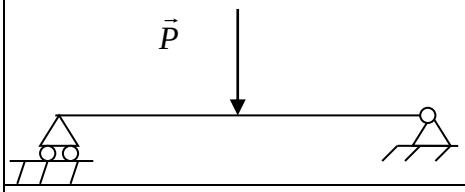
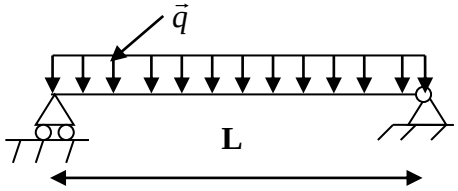
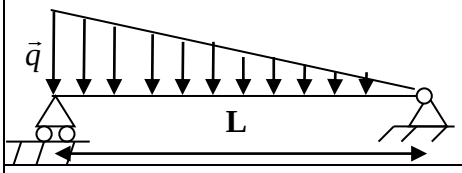
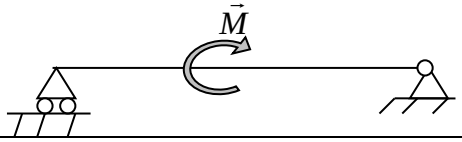
2- القوى السطحية Forces superficielles

و تتمثل في القوى المطبقة خارجيا كثقل الثلوج مثلا.

و بصفة عامة تمثل القوى سكونيا كالتالي:

- القوى المركزة: هي قوى مطبقة في نقطة معينة من العنصر.
- القوى الموزعة: هي قوى مطبقة على منطقة كبيرة من العنصر و قد تكون موزعة بانتظام أو غير منتظمة.
- العزوم المركزة: هي عبارة عن قوى تدويرية مثل حركة فتح الباب أو النافذة.

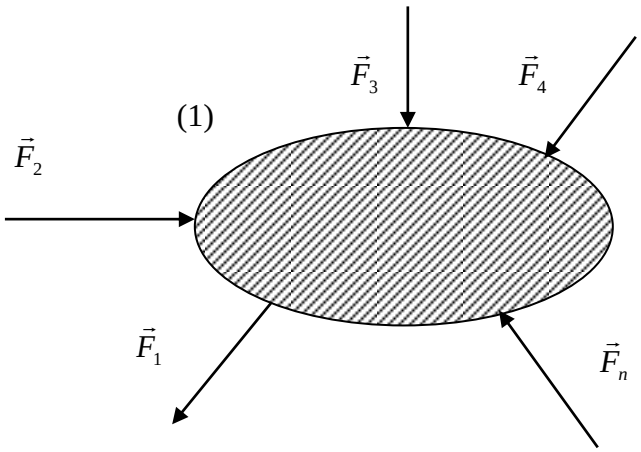
يمكن تلخيص ذلك في الجدول الموالي:

نوع القوة	الوحدة	الشدة	التمثيل
قوة مركزة	N	P	
قوة موزعة بانتظام	N/m	q×L	
قوة موزعة غير منتظمة حمولة مثلثية	N/m	q×L/2	
عزم مركز	N×m	M	

معادلات التوازن وحساب ردود الفعل Equations d'équilibre et calcul des réactions

1- شرط التوازن Condition d'équilibre

يمكن دراسة توازن الإنشاءات والأنظمة تحت تأثير القوى المؤثرة عليها، كما يمكن دراسة توازن عناصر من هذه الإنشاءات وذلك بعزلها على حدى و دراسة توازنها تحت تأثير الحمولات والقوى الخاصة بها.



لنقم بعزل الجسم (1) مع جملة القوى المؤثرة عليه.

نقول أن الجسم في حالة توازن عندما ينعدم مجموع مركبات القوى المؤثرة على الجسم في اتجاهين وكذلك عندما ينعدم مجموع العزوم بالنسبة لأي نقطة.

2- معادلات التوازن

نعبر عن توازن الجسم بكتابة المعادلات التالية:

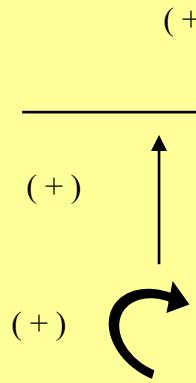
مجموع القوى على محور السينات يساوي الصفر $\sum F/x=0$

مجموع القوى على محور العينات يساوي الصفر $\sum F/y=0$

مجموع العزوم بالنسبة لنقطة يساوي الصفر $\sum M_F/O=0$

نستعمل الاصطلاحات التالية للإشارات :

- القوى الأفقية : من اليسار إلى اليمين.
- القوى العمودية : من الأسفل إلى الأعلى.
- العزوم : في اتجاه عقارب الساعة.



3- دراسة الروافد

أ - تعريف الرافدة La poutre

هي عنصر أفقي يمثل نقاط ارتكاز الأرضية، يتميز ببعدين صغيرين متقاربين يمثلان قياسات المقطع العرضي للرافدة، وهما العرض والإرتفاع وبعد ثالث كبير يمثل طول الرافدة.

ب– النظام المحدد سكونيا Le système isostatique

نقول عن نظام أنه محدد سكونيا إذا كان عدد المجاهيل في المساند مساويا لعدد معادلات التوازن.

ج– توازن الرافدة المحددة سكونيا La poutre isostatique

تكون رافدة (AB) في حالة توازن تحت تأثير الحمولات المطبقة عليها و ردود الفعل.

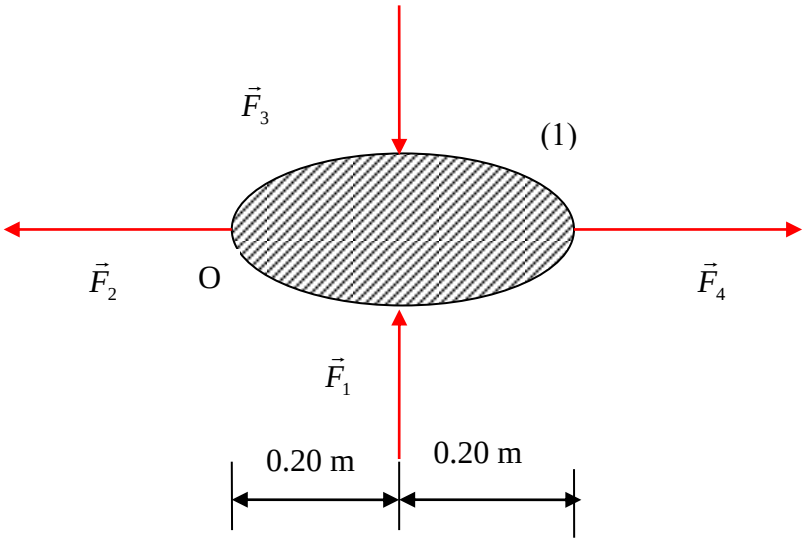
- **نكتب معادلة القوى بالنسبة لمحور الفواصل.**
- **نكتب معادلة القوى بالنسبة لمحور التراتيب.**
- **نكتب معادلة العزوم بالنسبة لأي نقطة تنتمي للرافدة لتسهيل الحسابات نكتب معادلة العزوم بالنسبة لأحد المسندين (A) أو (B).**

تطبيق : تأكد بيانيا و حسابيا من توازن الجسم (1) الخاضع لمجموع القوى $\vec{F}_4, \vec{F}_3, \vec{F}_2, \vec{F}_1$

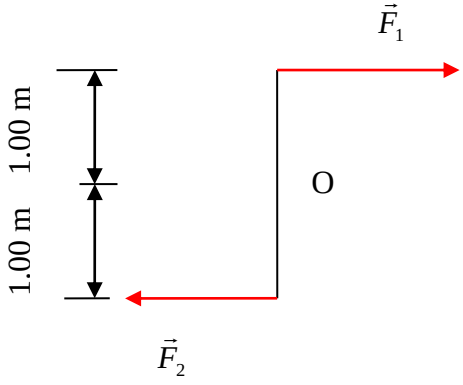
سلم الرسم 1 cm ⟶ 10 DAN

F1= 20 daN، F2= 30 daN،

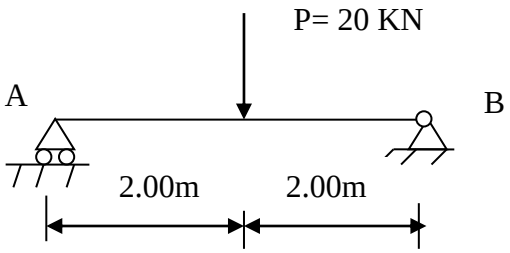
F3= 20 daN و F4= 30 daN.



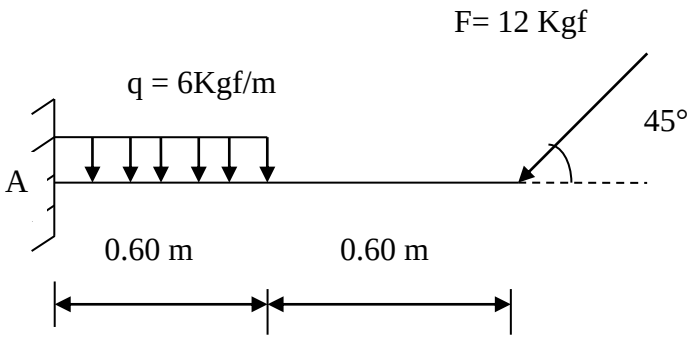
تطبيق : ليكن لدينا جسما معرضا لتأثير قوتين متوازيتين F1= 20 KN و F2= 15 KN. هل هذا الجسم في حالة توازن ؟



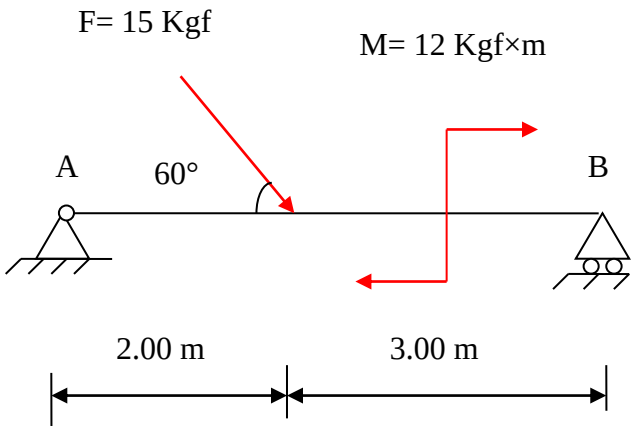
تطبيق : أحسب قيمة ردود الفعل في مسندي الرافدة المبينة بالشكل الميكانيكي التالي:

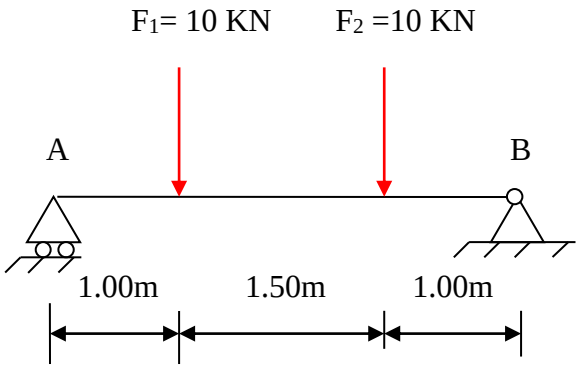


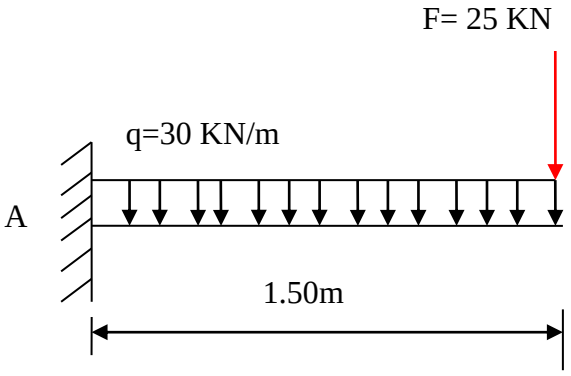
تطبيق : أحسب قيمة ردود الفعل في المسند الثلاثي لرافدة الشرفة المبينة بالشكل الميكانيكي التالي :

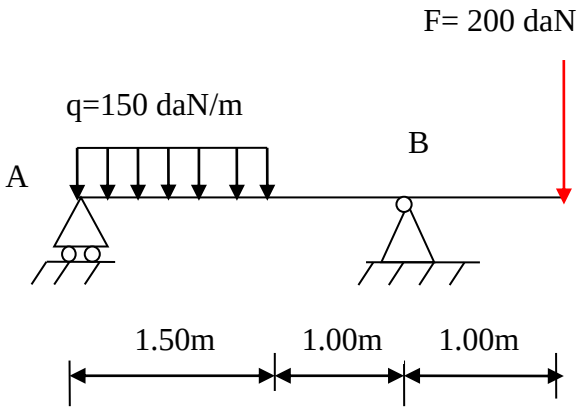


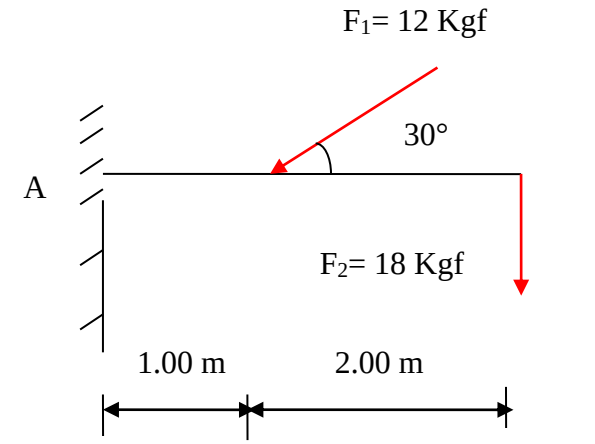
تمرين رقم 01 : في مجمل الأمثلة التالية يطلب حساب قيمة ردود الفعل في المساند:

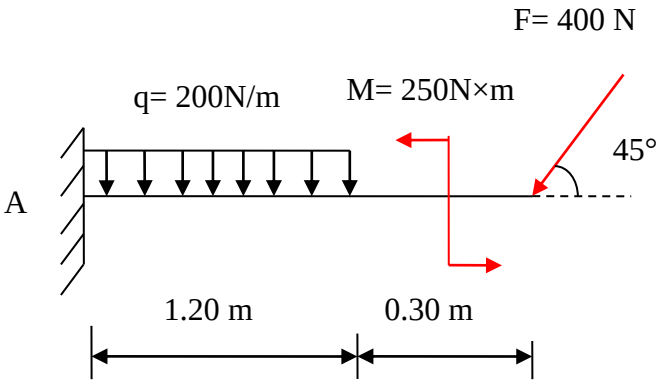


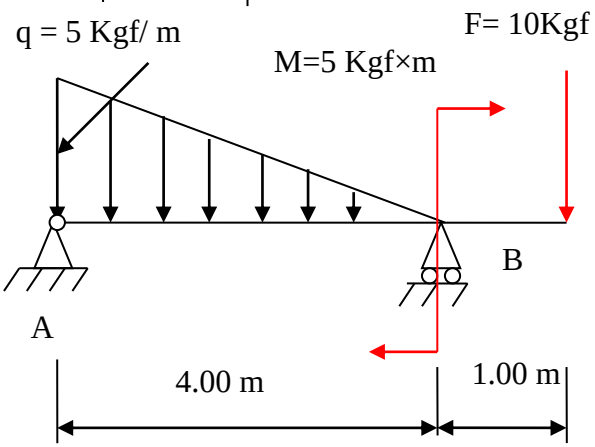


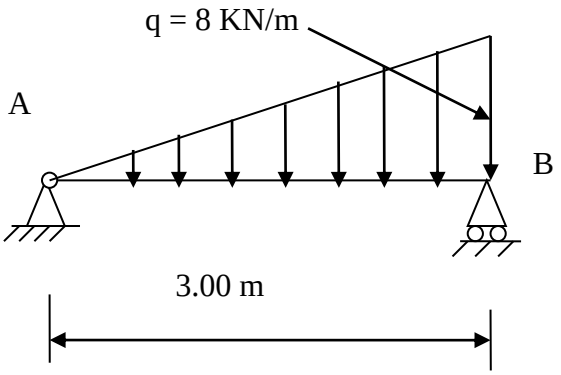








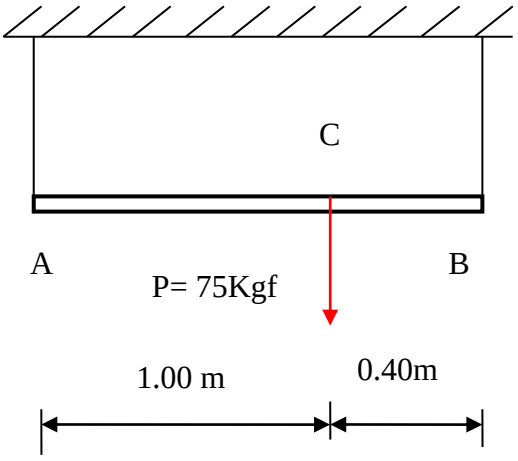




تمرين رقم02

قضيب طوله **AB= 1.40 m** معلق أفقيا بواسطة حبلين في النقطتين (**A**) و (**B**). نعلق ثقلا **P= 75 Kgf** في النقطة (**C**).

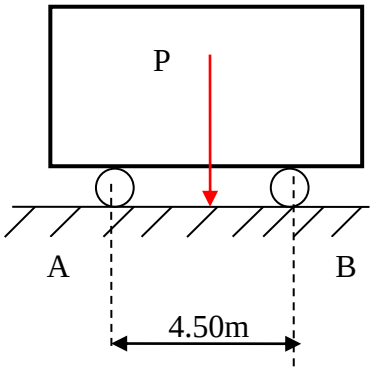
أحسب قيمة قوة الشد في الحبلين.



تمرين رقم03

عربة قطار ذات حمولة **P= 22000 Kgf** مركزة في مركز ثقلها.

أحسب شدة قوة الإتصال التي تطبقها السكة الحديدية على كل عجلة عندما تكون العربة ثابتة.



الفهْـرَس

الباب الأول

عموميات في مجال الهندسة المدنية

مدخل إلى الهندسة المدنية 6
تعريف الهندسة المدنية 6
مختلف منشآت الهندسة المدنية 6
المتدخلون في البناء 8
هيكلة مقاولة البناء 10
أنماط التدخل في فعل البناء 10
سير عملية البناء 11
الملف التقني 13
الوثائق المرسومة 13
الوثائق المكتوبة 22
مبادئ عامة في الرسم المدعم بالحاسوب 26

دراسة الأرضية

مبادئ في الجيولوجيا 33
خصائص الأتربة 34
تصنيف الأتربة 36
حدود آتربرغ 37
المكافئ الرملي 45
التحليل الحبيبي 48
مبادئ في الطبوغرافيا 54
القياس الطبومتري 54
تمثيل الأرضية 63
التوقيع 65
أعمال التجريف 69

المـواد

المواد في الهندسة المدنية 74
تصنيف المواد المستعملة في الهندسة المدنية 76
الخرسانة 77
الإسمنت 80
المواد الحصوية 81
الماء 82
المواد الإضافية 83
الملاط 85
الخرسانة المسلحة 87
دراسة تكوين الخرسانة بطريقة **Bolomey** 88

المنشأ السفلي

الأساسات 97
الأساسات السطحية 97
الأساسات نصف العميقة 101
الأساسات العميقة 101
الجدران الساندة 106
التطهير 108

الباب الثاني

علم السكون

مبادئ علم السكون 113
مفاهيم حول القوى 113
تركيب القوى 116
تحليل القوى 121
عزم القوة 122
عزم المزدوجة 124

الخصائص الهندسية للمقاطع المستوية

مركزالثقل 129
العزم السكوني 130
عزم العطالة 133

مبدأ الفعل ورد الفعل

مبدأ الفعل و رد الفعل 140
الجسم الصلب 140
دراسة مختلف المساند 142